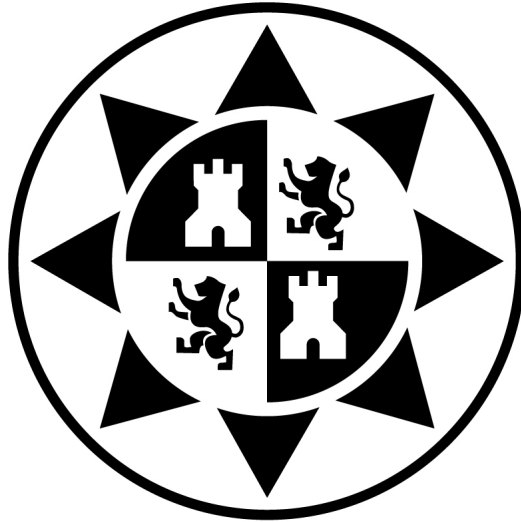


**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial



## **TRABAJO FINAL DE MÁSTER**

Diseño de un banco de ensayo para ventiladores

**Autor:** Óscar Baño Lorenzo

**Titulación:** Máster en Energías Renovables

**Director:** Manuel M. Sánchez Nieto

**Departamento:** Ingeniería Térmica y de Fluidos

*Cartagena, a 12 de Septiembre de 2013*

## Índice

Índice de figuras	5
Lista de símbolos	7
 <b>Capítulo 1.</b>	
1. Presentación y alcance del proyecto	10
 <b>Capítulo 2.</b>	
2. Curvas características del ventilador	10
2.1. Curvas características a velocidad constante	11
2.2. Curvas características a velocidad propia	12
2.3. Curvas características de un ventilador regulable	12
2.4. Curva característica completa del ventilador	13
2.5. Incertidumbres	13
2.5.1. Procedimiento de análisis	14
2.5.2. Incertidumbre máxima permitida en los resultados	14
 <b>Capítulo 3.</b>	
3. Selección de la instalación	15
 <b>Capítulo 4.</b>	
4. Dimensionado de los órganos de la instalación	19
4.1. Tubo de impulsión	19
4.1.1. Pieza de transformación	21
4.1.1.1. Dimensiones principales de la pieza de transformación	21
4.1.1.2. Método de unión con el ventilador auxiliar	22
4.1.2. Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal	23
4.1.2.1. Dimensiones principales de la pieza de unión pieza de transformación con enderezador de caudal	23

*Diseño de un banco de ventiladores*

4.1.3.	Pieza enderezador de caudal	24
4.1.3.1.	Dimensiones principales de la pieza enderezador de caudal	25
4.1.3.2.	Dimensiones principales de las celdas enderezador de estrella	25
4.1.3.3.	Reglas para el uso de un enderezador	26
4.1.4.	Pieza unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico	26
4.1.4.1.	Dimensiones principales de la pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico	27
4.1.5.	Punto piezométrico	28
4.1.5.1.	Dimensiones principales del punto piezométrico	29
4.1.5.2.	Posición y construcción de las tomas de presión	30
4.1.5.3.	Selección tubo Pitot	30
4.1.6.	Pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo	31
4.1.6.1.	Dimensiones principales de la pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo	32
4.2.	Cámara de ensayo	33
4.2.1.	Tapa de impulsión de la cámara de ensayo	34
4.2.1.1.	Dimensiones principales de la tapa de impulsión de la cámara de ensayo	34
4.2.2.	Tubo de la cámara de ensayo	35
4.2.2.1.	Dimensiones principales del tubo de la cámara de ensayo	35
4.2.2.2.	Construcción y posición de las tomas de presión	36
4.2.2.3.	Selección del tubo pitot	36
4.2.2.4.	Estabilizadores de caudal	37
4.2.3.	Tapa de aspiración de la cámara de ensayo	38
4.2.3.1.	Dimensiones principales de la tapa de aspiración de la cámara de ensayo	38

**Capítulo 5.**

5.	Características del ventilador auxiliar	39
5.1.	Análisis energético	39
5.1.1.	Ecuaciones del movimiento	41
5.1.2.	Movimiento isentrópico estacionado con cambio de área	42
5.1.3.	Pérdidas energéticas	42

*Diseño de un banco de ventiladores*

---

5.2.	Pérdidas de carga en la instalación	44
5.3.	Condiciones de ensayo	45
5.4.	Curvas características del ventilador auxiliar	46
5.5.	Modelo del ventilador auxiliar	47
 <b>Capítulo 6.</b>		
6.	Presupuesto	49
6.1.	Estado de mediciones	49
6.2.	Cuadro de precios	56
6.3.	Presupuesto general	58
 <b>Capítulo 7.</b>		
7.	Conclusiones	62
 <b>Capítulo 8.</b>		
8.	Bibliografía	63
 <b>Apéndices</b>		
		64
Apéndice A:	Magnitudes y definiciones	65
Apéndice B:	Dimensionado de los órganos de instalación	75
Apéndice C:	Planos	89
Apéndice D:	Punto de ensayo de ventiladores industriales	100
Apéndice E:	Curvas características del ventilador auxiliar	131
Apéndice F:	Ensayo del ventilador in situ	160



## Índice de figuras

<b>Figure 1:</b> Ejemplo de un conjunto completo, velocidad-constante, de curvas características del ventilador.	11
<b>Figure 2:</b> Ejemplo de las curvas características de un ventilador regulable.	12
<b>Figure 3:</b> Ensayo con cámaras de toberas a la salida	17
<b>Figure 4:</b> Ensayo tubo Pitot y cámara de entrada	17
<b>Figure 5:</b> Ensayo con tobera y cámara de entrada	18
<b>Figure 6:</b> Banco de ensayos de ventiladores	19
<b>Figure 7:</b> Tubo de impulsión	20
<b>Figure 8:</b> Pieza de transformación	21
<b>Figure 9:</b> Pieza de unión de la pieza de transformación con el enderezador de caudal	23
<b>Figure 10:</b> Enderezador de caudal	24
<b>Figure 11:</b> Pieza de unión del enderezador de caudal con punto piezométrico	26
<b>Figure 12:</b> Punto piezométrico	28
<b>Figure 13:</b> Posiciones para medición de las presiones en el punto piezométrico	30
<b>Figure 14:</b> Tubo Pitot punto piezométrico de la marca DWYER	31
<b>Figure 15:</b> Pieza de unión del punto piezométrico y la cámara de ensayo	31
<b>Figure 16:</b> Cámara de aspiración	33
<b>Figure 17:</b> Tapa de impulsión	34
<b>Figure 18:</b> Tubo de la cámara de ensayo	35
<b>Figure 19:</b> Colocación de los tubos Pitot en la cámara de ensayo	36
<b>Figure 20:</b> Estabilizador de caudal	37
<b>Figure 21:</b> Tapa de aspiración	38
<b>Figure 22:</b> Pérdida de carga total	45
<b>Figure 23:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar	46
<b>Figure 24:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-30000 m <sup>3</sup> /h)	47
<b>Figure 25:</b> Superposición de los puntos de ensayo y curva del ventilador auxiliar	48
<b>Figure 26:</b> Parte principal del conducto de impulsión	79

*Diseño de un banco de ventiladores*

---

<b>Figure 27:</b> Enderezador de caudal	80
<b>Figure 28:</b> Construcción de las tomas de presión la pared del punto piezométrico	82
<b>Figure 29:</b> Cámara de ensayo de aspiración	83
<b>Figure 30:</b> Dimensionado tomas de presión	84
<b>Figure 31:</b> Dimensiones bridas circulares	86
<b>Figure 32:</b> Dimensiones principales del calculo de bridas	87
<b>Figure 33:</b> Localización de puntos en la instalación de ensayo	133
<b>Figure 34:</b> Pérdida de carga tramo 1-2 en función del caudal	136
<b>Figure 35:</b> Pérdida de carga tramo 2-3 en función del caudal	137
<b>Figure 36:</b> Pérdida de carga tramo 3-4 en función del caudal	138
<b>Figure 37:</b> Pérdida de carga total	139
<b>Figure 38:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar	149
<b>Figure 39:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-78000 m <sup>3</sup> /h)	150
<b>Figure 40:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-50000 m <sup>3</sup> /h)	150
<b>Figure 41:</b> Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-30000 m <sup>3</sup> /h)	151
<b>Figure 42:</b> Incertidumbres máximas	180

### Lista de símbolos

Para los fines del presente proyecto se aplican los siguientes símbolos y unidades:

- $A_x$  Área del conducto en la sección  $x$  ( $m^2$ )
- $a$  Diámetro del agujero para los tomas de presión de pared (mm)
- $C$  Coeficiente de descarga ( - )
- $c$  Velocidad del sonido (m/s)
- $c_p$  Coeficiente de calor específico a presión constante (J/kgK)
- $c_v$  Coeficiente de calor específico a volumen constante (J/kgK)
- $D$  Diámetro interno de un conducto circular aguas arriba de una línea de medidores de caudal (m)
- $D_x$  Diámetro interno de un conducto circular en la sección  $x$  (m)
- $D_h$  Diámetro hidráulico (m)
- $f_{Mx}$  Factor Mach para corrección de la presión dinámica en la sección  $x$  ( - )
- $g$  Aceleración debida a la gravedad ( $m/s^2$ )
- $k_c$  Coeficiente resultante usado en la conversión de los resultados de ensayo ( - )
- $k_{cs}$  Coeficiente resultante usado en la conversión de los resultados de ensayo de la presión estática ( - )
- $k_p$  Ratio de la densidad media en la aspiración ( - )
- $k_p$  Coeficiente de compresibilidad para el cálculo de la potencia aerodinámica  $P_u$  ( - )
- $k_{ps}$  Coeficiente de compresibilidad para el cálculo de la potencia aerodinámica estática ( - )
- $M_a$  Número de Mach ( - )
- $M_{ax}$  Número de Mach en la sección  $x$  ( - )
- $M_{ax,ref}$  Número de Mach de referencia en la sección  $x$  en las condiciones de estancamiento de aspiración ( - )
- $M_{au}$  Número de Mach periférico ( - )
- $p$  Presión absoluta del fluido (pa)
- $p_a$  Presión atmosférica a la altitud media del ventilador (pa)
- $p_e$  Presión manométrica (pa)
- $p_{sg}$  Presión absoluta de estancamiento en un punto (pa)

*Diseño de un banco de ventiladores*

- $p_{\text{esg}}$  Presión manométrica de estancamiento en un punto (pa)
- $p_{\text{esgx}}$  Presión manométrica de estancamiento en una sección x (pa)
- $p_d$  Presión dinámica en un punto (pa)
- $p_x$  Media en el espacio de la presión absoluta de un fluido en una sección x (pa)
- $p_{\text{ex}}$  Media en el espacio de la presión manométrica en una sección x (pa)
- $p_{\text{sgx}}$  Media de la presión de estancamiento en una sección x (pa)
- $p_{\text{dx}}$  Presión dinámica convencional en una sección x (pa)
- $p_f$  Presión del ventilador (pa)
- $p_{\text{sf}}$  Presión estática del ventilador (pa)
- $p_{\text{d5}}$  Presión dinámica del ventilador en la impulsión (pa)
- $p_u$  Media de la presión absoluta aguas arriba de una línea de medidores de caudal (pa)
- $p_{\text{do}}$  Media de la presión absoluta aguas abajo de una línea de medidores de caudal (pa)
- $\mathcal{P}_a$  Potencia mecánica suministrada en el eje del ventilador ( W )
- $\mathcal{P}_e$  Potencia consumida por el motor ( W )
- $\mathcal{P}_o$  Potencia suministrada por el motor ( W )
- $\mathcal{P}_r$  Potencia mecánica suministrada al rodete del ventilador ( W )
- $\mathcal{P}_u$  Potencia aerodinámica del ventilador ( W )
- $\mathcal{P}_{\text{us}}$  Potencia aerodinámica estática del ventilador ( W )
- $q_m$  Caudal másico ( Kg/s )
- $q_V$  Caudal volumétrico (  $\text{m}^3/\text{s}$  )
- $q_{V\text{sg4}}$  Caudal volumétrico de estancamiento en la aspiración (  $\text{m}^3/\text{s}$  )
- $q_{Vx}$  Caudal volumétrico en una sección x (  $\text{m}^3/\text{s}$  )
- $r$  Ratio de presión del ventilador ( - )
- $R$  Constante específica de aire seco o gas (J/kgK)
- $Re_{\text{Dx}}$  Número de Reynolds en una sección x ( - )
- $T_a$  Temperatura ambiente ( °C )
- $T_x$  Temperatura estática en una sección x ( °C )
- $T_{\text{sgx}}$  Temperatura de estancamiento en una sección x ( °C )
- $\Theta_{\text{sgx}}$  Temperatura de estancamiento en la sección x ( K )
- $\Theta_x$  Temperatura estática o temperatura del fluido en la sección x ( K )
- $\Theta_a$  Temperatura ambiente ( K )

*Diseño de un banco de ventiladores*

- 
- $\Theta_u$  Temperatura aguas arriba del medidor de caudal ( K )
  - $u_x$  Incertidumbre relativa de x ( % )
  - $U_x$  Incertidumbre absoluta de x ( % )
  - $V$  Velocidad el gas en un punto ( m/s )
  - $V_{mx}$  Velocidad media del gas en una sección x ( m/s )
  - $W_m$  Trabajo másico del ventilador ( J/kg )
  - $W_{ms}$  Trabajo másico estático del ventilador ( J/kg )
  - $\Delta p$  Presión diferencial ( pa )
  - $(\xi_{x-y})_y$  Coeficiente convencional de fricción entre los planos x e y calculados en la sección x ( - )
  - $\eta$  Rendimiento ( - )
  - $\eta_s$  Rendimiento estático ( - )
  - $\eta_a$  Rendimiento en el eje del ventilador ( - )
  - $\eta_e$  Rendimiento global del ventilador ( - )
  - $\eta_o$  Rendimiento en el eje del motor ( - )
  - $\eta_r$  Rendimiento del rodete del ventilador ( - )
  - $\eta_{sr}$  Rendimiento estático del rodete del ventilador ( - )
  - $\kappa$  Exponente isentrópico para un gas ideal ( - )
  - $\Lambda$  Coeficiente específico de fricción para una longitud de un diámetro de un conducto recto ( - )
  - $\mu$  Viscosidad dinámica ( pa.s )
  - $\rho$  Densidad del gas ( Kg/m<sup>3</sup> )
  - $\rho_x$  Densidad media del gas en la sección x ( Kg/m<sup>3</sup> )
  - $\rho_m$  Densidad media del gas en el ventilador ( Kg/m<sup>3</sup> )
  - $\omega$  Velocidad angular ( rad/s )
  - $\nu$  Viscosidad cinemática ( m/s )

## **1. Presentación y alcance del proyecto**

Se redacta el siguiente proyecto a petición de la U.P.C.T, el Ingeniero técnico que lo suscribe, procede al estudio y redacción del diseño de una instalación de ensayo de ventiladores industriales, siendo la realización del mismo requisito indispensable para finalizar los estudios correspondientes al máster en energías renovables, y ejerciendo como director del presente proyecto el profesor de la U.P.C.T. D. Manuel M. Sánchez Nieto.

El alcance del siguiente proyecto es el diseño de una instalación de ensayo de ventiladores industriales a petición de la empresa Domingo Andreu S.L con el fin de poder hacer la caracterización de las curvas de funcionamiento de ventiladores industriales.

El proyecto detalla la descripción y cálculo de todos los elementos de una instalación y recopila las características técnicas y de seguridad que debe reunir para un correcto y eficaz funcionamiento.

## **2. Curvas características del ventilador**

Los gráficos que representan las características de una serie de ventiladores en un rango de velocidades y tamaños por medio de coeficientes adimensionales o de otro tipo están fuera del alcance de esta norma internacional.

Los resultados directos del ensayo deben dibujarse como una serie de puntos de ensayo contra caudal volumétrico de entrada. Deberían trazarse suaves curvas a través de esos puntos, con líneas discontinuas uniendo los huecos donde no se obtengan resultados estables.

Para ventiladores en los que la presión es mas de 2 000 Pa, se deben representar gráficamente

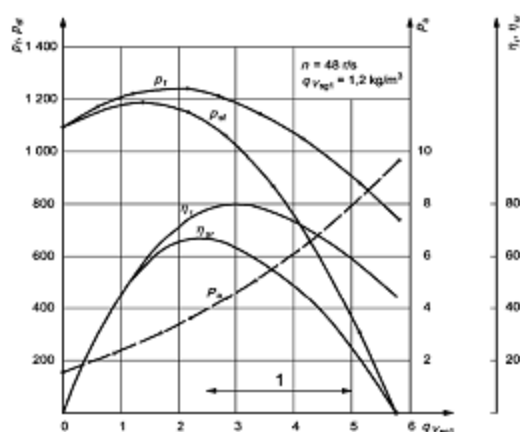
indicaciones de la densidad de salida usando la relación  $\frac{Q}{Q_{SGI}}$  o  $kQ = \frac{Q_1}{Q_m}$ .

## 2.1. Curvas características a velocidad constante

Las curvas características de un ventilador a una velocidad de giro constante se obtienen de los resultados a una velocidad determinada de giro constante a una densidad determinada constante la cual debería, a no ser que se acuerde lo contrario, ser  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , y a una presión determinada absoluta de estancamiento a la entrada.

La presión del ventilador, y la presión estática del ventilador, bien solas o bien junto con la presión dinámica corregida por el efecto del número de Mach, se deben representar contra el caudal volumétrico de entrada.

El rendimiento o el rendimiento estático del ventilador o su potencia en el eje equivalente pueden ser también representadas.



**Figure 1** Ejemplo de un conjunto completo, velocidad-constante, de curvas características del ventilador

## 2.2. Curvas características a velocidad propia

Las curvas características a velocidad propia pueden usarse si se desea para la unidad ventilador medio de accionamiento. El accionamiento debería operar en condiciones fijas y estables, por ejemplo a la tensión y frecuencia de placa en el caso de un motor eléctrico. La velocidad de rotación debería entonces indicarse también en la curva característica del motor como función del caudal volumétrico de entrada.

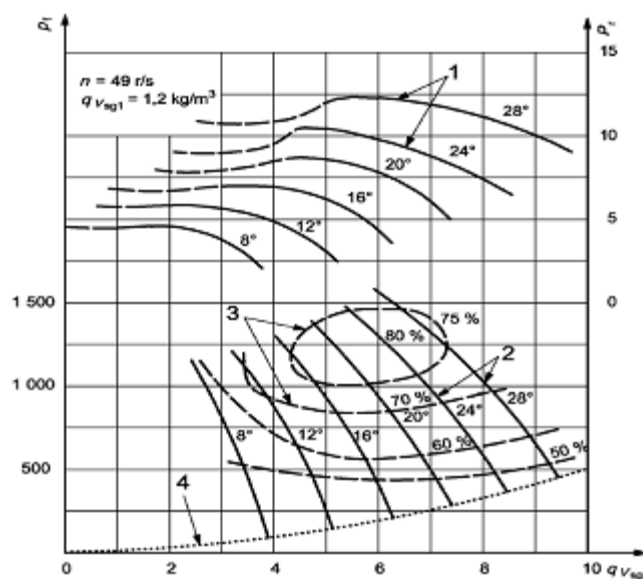
La transformación a otra densidad de aire se permite dentro del criterio del número de Reynolds, siempre que la velocidad de rotación esté corregida con respecto a la potencia consumida por el motor usando los datos característicos del accionamiento.

## 2.3. Curvas características de un ventilador regulable

Se necesitan curvas características para ventiladores regulables en aquellos ventiladores que tienen medios para variar sus características de funcionamiento, tales como ángulo de álabes variable o directrices de entrada variables.

Se recomienda una familia de curvas características a velocidad constante a una densidad de entrada de  $1,2 \text{ kg/m}^3$ , seleccionadas con las medidas necesarias de ajuste sobre todo el rango de caudales volumétricos.

Los rendimientos pueden mostrarse como líneas de contornos suaves dibujadas a través de puntos de igual rendimiento en la curva de presión característica del ventilador.



**Figure 2** Ejemplo de las curvas características de un ventilador regulable



## **2.4. Curva característica completa del ventilador**

Es la curva característica del ventilador que se extiende desde la presión estática cero hasta caudal volumétrico de entrada cero.

Sin embargo solo se usa normalmente parte de esta curva, y se recomienda que el suministrador debiera establecer el rango de caudal volumétricos en los caudales que puede trabajar el ventilador. La curva característica representada puede estar limitada a este rango de operación normal. Fuera del rango de los caudales volumétricos normales, la incertidumbre de medida es susceptible de aumento y puede desarrollarse patrones de flujo no satisfactorios en la aspiración y la impulsión.

En los ensayos para un punto de trabajo específico debería incluir no menos de tres puntos para obtener una pequeña parte de la curva característica del ventilador, incluyendo el caudal volumétrico de entrada y la presión específica de estancamiento del ventilador o la presión estática. Debería dibujarse a su vez una línea de resistencia del sistema, pasando a través del punto de trabajo y de tal manera que la presión de estancamiento o la presión estática varíen con el cuadrado del caudal de entrada.

El punto de funcionamiento real del ventilador estará en la intersección de la curva característica del ventilador con la línea de resistencia del sistema.

## **2.5. Incertidumbres**

Se acepta el principio que todas las medidas tienen un margen de error. Es claro también que cualquier resultado, tal como caudal y presión del ventilador calculado a partir de valores medidos, también contendrá errores, debido no solo a los errores en los datos, sino también a las aproximaciones o errores en el procedimiento de cálculo.

De acuerdo a esto, la calidad de una medida o un resultado es función del error asociado. El análisis de incertidumbres proporciona un medio de cuantificar los errores con varios niveles de confianza. La calidad de cualquier ensayo de un ventilador se evalúa mejor por medio de un análisis de incertidumbres.

La Norma ISO 5168 contiene una excelente discusión de análisis de incertidumbres que se puede aplicar a todos los aspectos del ensayo de un ventilador, no solo a sus medidas de caudal. Los conceptos contenidos en la Norma ISO 5168 nos dan la base para lo que sigue. En esta norma internacional, se requiere un nivel de confianza del 95%.

**2.5.1. Procedimiento de análisis**

Un riguroso análisis de incertidumbres del ensayo de un ventilador requiere un considerable esfuerzo así como una detallada información referente a instrumentos, calibraciones, cálculos y otros factores. Hay al menos cinco (y quizás tantos como 15) parámetros que pueden considerarse en los resultados del ensayo de un ventilador. Cada resultado depende de una o más medidas.

Cada medida puede tener cinco o más componentes de incertidumbres. Todos esos componentes deberían considerarse en un análisis de incertidumbres.

El procedimiento descrito en la Norma ISO 5168 incluye los siguientes pasos:

- a) Una lista de posibles fuentes de error;
- b) Cálculo o estimación, de los errores elementales para cada fuente;
- c) Para cada medida, combinar separadamente los límites de sesgo y los índices de precisión por el método de la raíz cuadrada de la suma (RSS);
- d) Para cada parámetro, prolongar por separado el sesgo de medición y los índices de precisión de medida, bien usando factores de sensibilidad o bien por regresión;
- e) Calcular la incertidumbre de cada parámetro;
- f) Establecer el intervalo de incertidumbre de cada parámetro.

**2.5.2. Incertidumbre máxima permitida en los resultados**

La Norma ISO 5168 explica cómo combinar las incertidumbres debidas a errores de calibración, errores de adquisición de datos, errores de reducción de datos, errores de método y errores de personas dentro de la incertidumbre de una medición. También detalla como propagar varias mediciones y otras incertidumbres dentro de la incertidumbre de un resultado. Es importante mantener una contabilidad separada de los índices de precisión y los límites de sesgo, incluso aunque se puedan combinar en el último cálculo.

### 3. Selección de la instalación

La normativa distingue como categorías de instalación de ventiladores industriales las siguientes:

- Categoría A: aspiración libre, impulsión libre;
- Categoría B: aspiración libre, impulsión en conducto;
- Categoría C: aspiración en conducto, impulsión libre;
- Categoría D: aspiración entubada, impulsión en conducto.

Donde los modos de conexión son con aspiración o impulsión libres significa que el aire entra o sale del ventilador directamente desde o hacia la atmósfera libre. Aspiración o impulsión en conducto significa que el aire entra o sale del ventilador a través de un conducto directamente conectado a la entrada o a la salida del ventilador, respectivamente.

La normativa propone nueve configuraciones diferentes para la realización de ensayos de ventiladores. Cada configuración es adecuada para simular ciertas condiciones de flujo.

Conf. 1	Ensayo con tubo de Pitot y conducto de salida
Conf. 2	Ensayo con conducto de salida y tobera (sistema variable extracción de aire)
<b>Conf. 3</b>	Ensayo con cámara de toberas a la salida (sistema variable extracción de aire)
<b>Conf. 4</b>	Ensayo con tubo de Pitot y cámara de entrada (sistema variable impulsión de aire)
Conf.5	Ensayo con tubo de Pitot y conducto de entrada
<b>Conf. 6</b>	Ensayo con tobera y cámara de entrada (sistema variable impulsión de aire)
Conf. 7	Ensayo con conducto de salida y tobera
Conf. 8	Ensayo con conducto de entrada

*Diseño de un banco de ventiladores*

Según la normativa los tipos de conexionado se muestran en la siguiente tabla:

Tipo	Disposición	Instalación adecuada según nº de config							
A	Aspiración libre, descarga libre			5	6		8		
B	Aspiración libre, descarga entubada	3	4	5	6		8	9	
C	Aspiración entubada, descarga libre			5	6	7	8		10
D	Aspiración entubada, descarga entubada	3	4	5	6	7	8	9	10

La normativa propone los siguientes criterios para seleccionar la instalación adecuada para el ensayo de un ventilador:

1. Las configuraciones 1 y 2 se emplearán para los tipos de instalación B o D.

A fin de habilitar estas figuras para ensayos de instalaciones del tipo D se acoplará un conducto a la entrada del ventilador.

2. Las configuraciones 3, 4 y 6 se emplearán para instalaciones del tipo A, B, C y D.

A fin de habilitar estas configuraciones para instalaciones:

- Tipo A, el ventilador se ensayará sin ningún tipo de embocadura de entrada o conducto de salida.
- Tipo B se acoplará al ventilador un conducto de salida.
- Tipo C se acoplará un conducto a la entrada, no acoplándose ningún conducto a la salida del ventilador.
- Tipo D se acoplará un conducto la salida y otro a la entrada del ventilador.

3. La configuración 5 se empleará para ensayos de instalaciones del tipo C o D.

A fin de habilitar esta configuración para instalaciones del tipo D se acoplará al ventilador un conducto de salida.

4. La configuración 7 se empleará para ensayos de instalaciones del tipo B o D.

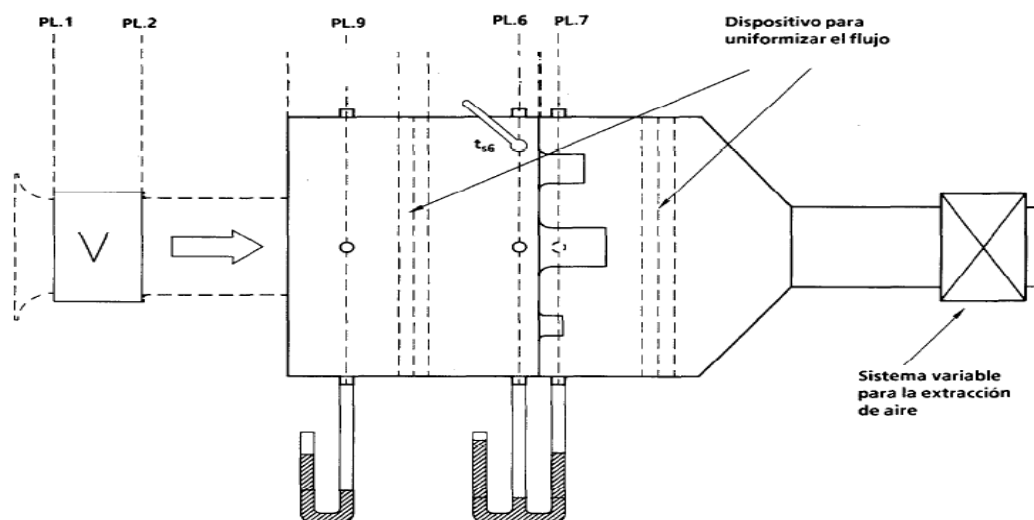
A fin de habilitar esta configuración para ensayos de instalaciones del tipo D se acoplará un conducto a la entrada del ventilador.

5. La configuración 8 se empleará para ensayos de instalaciones del tipo C y D.

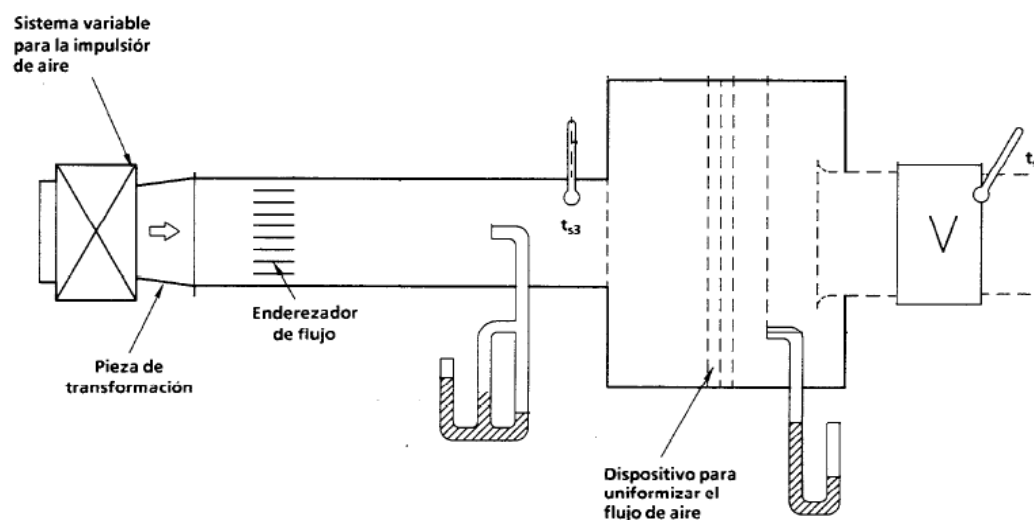
A fin de habilitar esta configuración del tipo D se acoplará al ventilador un conducto de salida.

*Diseño de un banco de ventiladores*

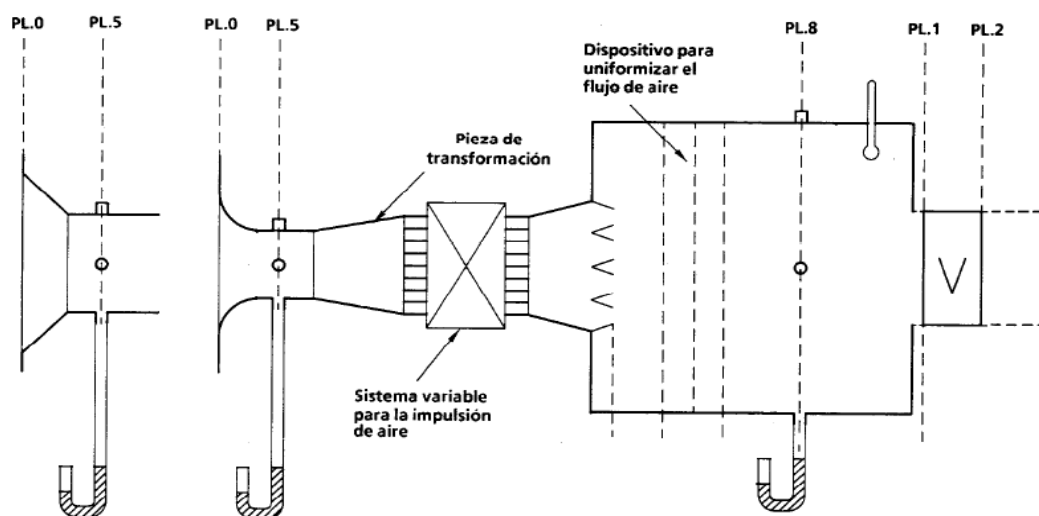
Por tanto, las instalaciones más flexibles para el ensayo de ventiladores industriales son las configuraciones 3, 4 y 6 correspondientes a las siguientes figuras:



**Figure 3** Configuración 3: Ensayo con cámaras de toberas a la salida



**Figure 4** Configuración 4: Ensayo con tubo Pitot y cámara de entrada



**Figure 5** Configuración 6: Ensayo con tobera y cámara de entrada

Para el presente proyecto se ha descartado seleccionar la configuración número 3 correspondiente a la **Figure 3** que consta de una cámara de toberas de tipo elíptico y la configuración 6 correspondiente a la **Figure 5** que consta de unos sistemas de toberas de tipo troncocónicas o circulares con una embocadura troncocónica. Ambas instalaciones presentan una elevada complejidad de fabricación de los elementos que la componen aumentando el coste de fabricación de la instalación.

Por tanto se ha seleccionado la instalación con tubo de Pitot y cámara de entrada correspondiente a la **Figure 4** ya que esta instalación permite simular todas las categorías de conexión, sus elementos son fáciles de fabricar y tienen un coste de fabricación inferior a las dos instalaciones anteriormente mencionadas. En esta instalación encontramos los siguientes elementos según avanza el flujo: (1) sistema variable para impulsión del flujo; (2) pieza de transformación; (3) conducto para medida de la presión; (4) cámara de entrada; y (5) ventilador a ensayar.

#### 4. Descripción y dimensionado de la instalación

En este capítulo se describen los elementos que conforman el proyecto así como todos los elementos auxiliares que se han seleccionado adicionalmente para el correcto diseño de la instalación de ensayo de ventiladores auxiliares.

En la **Figure 6** encontramos los sistemas principales que conforman la instalación:

1. Tubo de impulsión
2. Cámara de entrada



**Figure 6** Banco de ensayos ventiladores industriales

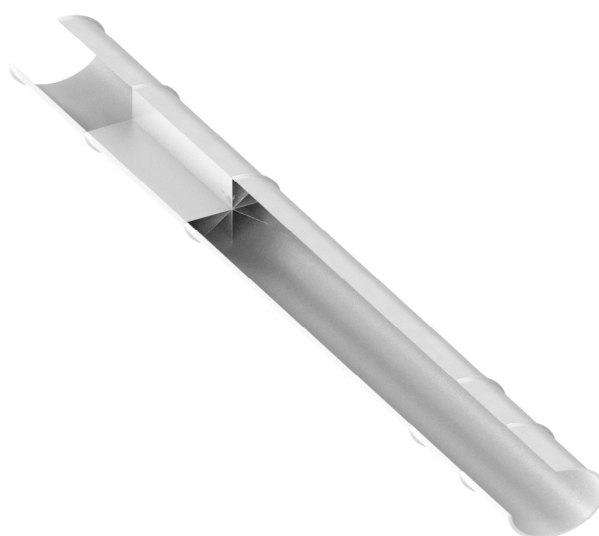
##### 4.1. Tubo de impulsión

Se trata de un tubo compuesto por la unión de distintas piezas en la que el fluido que fluye por su interior es empujado en el origen mediante un ventilador auxiliar.

Para el ensayo de los ventiladores se incorpora a la instalación un conducto a fin de posibilitar una estación de medida o para simular las condiciones en que habrá que trabajar el ventilador o para ambas cosas.

La **Figure 7** corresponde al tubo de impulsión. Este tubo está compuesto:

1. Pieza de transformación
2. Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal
3. Pieza enderezador de caudal
4. Pieza unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico
5. Punto piezométrico
6. Pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo



**Figure 7** Tubo de impulsión

El material seleccionado para cada una de las piezas del tubo de impulsión:

Acero al carbono: S 235 JR

Este material tiene las siguientes características:

- Tratamiento superficial: galvanizado.
- Composición química:

C: 0.46-0.54	Si: 0.17-0.37	Mg: 0.50-0.80	Cr: 0.80-1.10
Cu: 0.25	P: 0.030	Ni : 0.35	S: 0.030

- Funcionamiento: Buenas características debido a la adicción de vanadio para hacer los granos cristalinos del acero refinados, reduciendo la sensibilidad termal, mejorando fuerza y dureza.

- Proceso: EAF + LF + VD + tratamiento térmico (opcional)



**4.1.1. Pieza de transformación**

Se trata de una pieza que va unida al ventilador auxiliar de la instalación de ensayo y el tubo de impulsión cuya función principal es la expansión del fluido de trabajo hasta el diámetro del tubo de impulsión.



**Figure 8** Pieza de transformación

**4.1.1.1. Dimensiones principales de la pieza de transformación**

Se trata de una pieza de 1000mm de longitud.

Diámetro de entrada	970mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A la pieza de transformación va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el resto del tubo y el ventilador auxiliar.

- Dimensiones principales de la brida de la derecha:

Diámetro exterior	1050mm
Diámetro interior	980mm
Espesor	5mm

**- Dimensiones principales de la brida de la izquierda**

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 78 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la pieza de transformación está en el apéndice “Planos” en la página 91.

**4.1.1.2. Método de unión con el ventilador auxiliar**

Con el objeto de confirmar el cumplimiento con las dimensiones del conducto de ensayo, las áreas de entrada y/o salida del ventilador deben tomarse como el área total a la entrada o a la salida, sin deducciones para motores, carenados u otras obstrucciones. Donde motores, carenados u otras obstrucciones se extiendan más allá de una entrada o salida en la que se determinen las características de una instalación entubada, la carcasa debería prolongarse con un conducto de la misma forma y tamaño con el de entrada o salida, con la suficiente longitud para cubrir la obstrucción. Las dimensiones del circuito de ensayo deberían medirse desde dicho plano exterior a la obstrucción, como si este fuera el plano de entrada o salida.

**4.1.2. Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal**

Se trata de una pieza que va unida a la pieza de transformación de la instalación de ensayo y el enderezador de caudal cuya función principal es la unión de las dos piezas nombradas.



**Figure 9** Pieza de unión de la pieza de transformación con el enderezador de caudal

**4.1.2.1. Dimensiones principales de la pieza de unión pieza de transformación con enderezador de caudal**

Se trata de una pieza de 1500mm de longitud.

Diámetro de entrada	1000mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A esta pieza de unión va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el resto del tubo y la pieza de transformación.

-Dimensiones principales de las bridas:

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

La unión de ambas piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

16XM12x30-8.8

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 79 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la pieza de unión de la pieza de transformación con el enderezador de caudal está en el apéndice “Planos” en la página 92.

#### **4.1.3. Pieza enderezador de caudal**

Se trata de una pieza que va unida a la pieza de unión de la pieza de transformación de la instalación de ensayo y otra pieza de unión con el punto piezométrico cuya función es la eliminación del crecimiento de torsión en un flujo normalmente axial pero también sirve para igualar la distribución asimétrica de velocidades.

Se trata de un enderezador de tipo estrella. Este enderezador tiene una pérdida de carga similar al de tipo celda pero es mas fácil de fabricar, y a diferencia del tipo celda, permite que la presión estática se iguale radialmente como lo hace el flujo de aire, siendo por ello el tipo de enderezador preferido.



**Figure 10** Enderezador de caudal

**4.1.3.1. Dimensiones principales de la pieza enderezador de caudal**

Se trata de una pieza de 2000mm de longitud.

Diámetro de entrada	1000mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A esta pieza de unión va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el resto del tubo.

-Dimensiones principales de las bridas:

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

La unión de ambas piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

16XM12x30-8.8

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 80 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación del enderezador de caudal está en el apéndice “Planos” en la página 93.

**4.1.3.2. Dimensiones principales de las celdas enderezador de estrella**

El enderezador de estrella se construye con lamás radiales de longitud 2000mm (con una tolerancia de 1%) y un espesor de 5mm. Las lamás estarán colocadas de tal manera que sean equidistante en la circunferencia con un ángulo de 45° entre lamás.

**4.1.3.3. Reglas para el uso de un enderezador**

En ventiladores donde la torsión de salida sea mayor de  $15^\circ$ , debe usarse siempre un enderezador en el lado de descarga del ventilador de ensayo. Si hay alguna duda en cuanto al grado de torsión, entonces debería de prepararse un ensayo para establecer el grado de torsión existente. En ventiladores donde el grado de torsión a la salida sea menor de  $15^\circ$ , como son: centrífugos, tangenciales o axiales con directrices, es posible utilizar un conducto de salida simplificado sin enderezador cuando descarguen a la atmósfera o a una cámara de medida. Si hay alguna duda acerca del grado de torsión, entonces se debería realizar un ensayo para poder conocer el grado de torsión existente.

Se debe destacar que incluso en casos donde el grado de torsión sea menor de  $15^\circ$ , debe usarse siempre un enderezador aguas arriba de un plano de medida de presión estática o dinámica localizado dentro de un conducto de ensayo.

**4.1.4. Pieza unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico**

Se trata de una pieza que va unida a la pieza del enderezador de caudal de la instalación de ensayo y el punto piezométrico cuya función principal es la unión de las dos piezas nombradas.



**Figure 11** Pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico

**4.1.4.1. Dimensiones principales de la pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico**

Se trata de una pieza de 4500mm de longitud.

Diámetro de entrada	1000mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A esta pieza de unión va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el enderezador de caudal y el punto piezométrico.

-Dimensiones principales de las bridas:

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

La unión de ambas piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

16XM12x30-8.8

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 81 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico está en el apéndice “Planos” en la página 94.

**4.1.5. Punto piezométrico**

Se trata de una pieza que va unida a la pieza de unión del enderezador de flujo de la instalación de ensayo y otra pieza de unión con la tapadera de la cámara de aspiración cuya función es la medida de presión mediante manómetros diferenciales que cumpla las especificaciones descritas en la normativa UNE-En ISO 5801 con un lado conectado bien a las tomas en la pared o a un conjunto de tubos de Pitot en el plano de medida de presión.

Para determinar la media de presión estática de presión estática en este plano, el otro lado del manómetro debe estar abierto a la presión atmosférica en el recinto de ensayo.

Para determinar la diferencia de presión entre planos de medida de presión en lados opuestos del ventilados, ambos lados del manómetro pueden estar conectados entre conjuntos de cuatro tomas de presión.



**Figure 12**      Punto piezométrico



**4.1.5.1. Dimensiones principales del punto piezométrico**

Se trata de una pieza de 1000mm de longitud.

Diámetro de entrada	1000mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A esta pieza de unión va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el enderezador de caudal y el punto piezométrico.

-Dimensiones principales de las bridas:

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

La unión de ambas piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

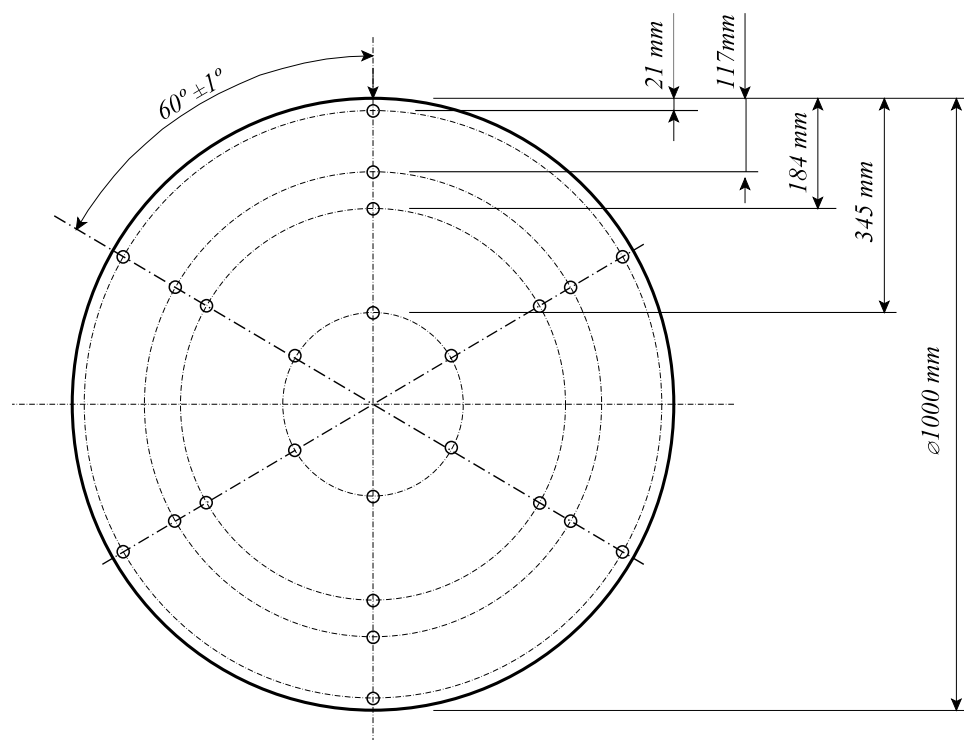
16XM12x30-8.8

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 81 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación del punto piezométrico está en el apéndice “Planos” en la página 95.

#### 4.1.5.2. Posición y construcción de las tomas de presión

Considerando un circuito cilíndrico en el adecuado plano de medición de presión, deberían seleccionarse un mínimo de cuatro puntos, equidistantes y simétricamente repartidos alrededor de los ejes con un ángulo de  $60^\circ$ .



**Figure 13** Posiciones para medición de las presiones en la punto piezométrico

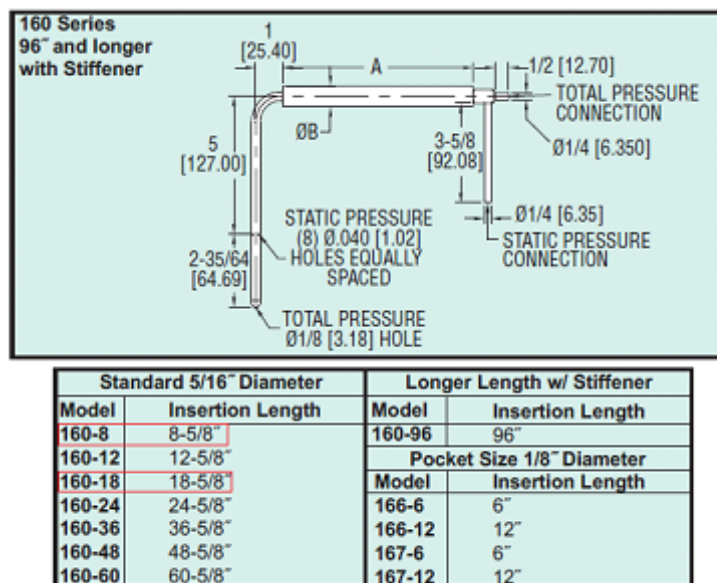
Por tanto para la correcta medición se deben hacer un total de 24 tomas en el punto piezométrico. Cada toma está correctamente definida según la normativa UNE-EN ISO 5801 en el plano del punto piezométrico del presente proyecto. Se sitúan cuatro tomas en paralelo a una distancia de 50 mm entre si repetidas cada 60 grados en el contorno del tubo piezométrico.

#### 4.1.5.3. Selección tubo Pitot

Se utiliza el tubo pitot para calcular la presión total, también denominada presión de estancamiento o presión de remanso. Mide la velocidad de un punto dado la corriente del flujo, no la media de la velocidad del viento. El instrumento debe de ser conforme con los requisitos de la norma ISO 3966.

El tubo pitot seleccionado para el punto piezométrico es suministrado por la empresa SICO-

Sistemas de control. Se trata de 18 tubos pitot de la marca DWYER modelo 160-8 y 6 tubos pitot modelo 160.18.



**Figure 14** Tubo pitot punto piezométrico de la marca DWYER.

#### 4.1.6. Pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo

Se trata de una pieza que va unida al punto piezométrico y a la tapa izquierda de la cámara de ensayo cuya función principal es la unión de las dos piezas nombradas.



**Figure 15** Pieza de unión del punto piezométrico con la cámara de ensayo

**4.1.6.1. Dimensiones principales de la pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo**

Se trata de una pieza de 1000mm de longitud.

Diámetro de entrada	1000mm
Diámetro de salida	1000mm
Espesor	5mm

A esta pieza de unión va soldado a ambos extremos dos bridas circulares para la correcta unión con el punto piezométrico y la tapa de la cámara de ensayo.

-Dimensiones principales de las bridas:

Diámetro exterior	1080mm
Diámetro interior	1010mm
Espesor	5mm

En el extremo de ambas bridas se mecanizan 8 taladros roscados situados a 30 grados cada uno a una distancia de 16 mm con una métrica de 12.

La unión de ambas piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

16XM12x30-8.8

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm a 3 mm del extremo inferior de ambas bridas.

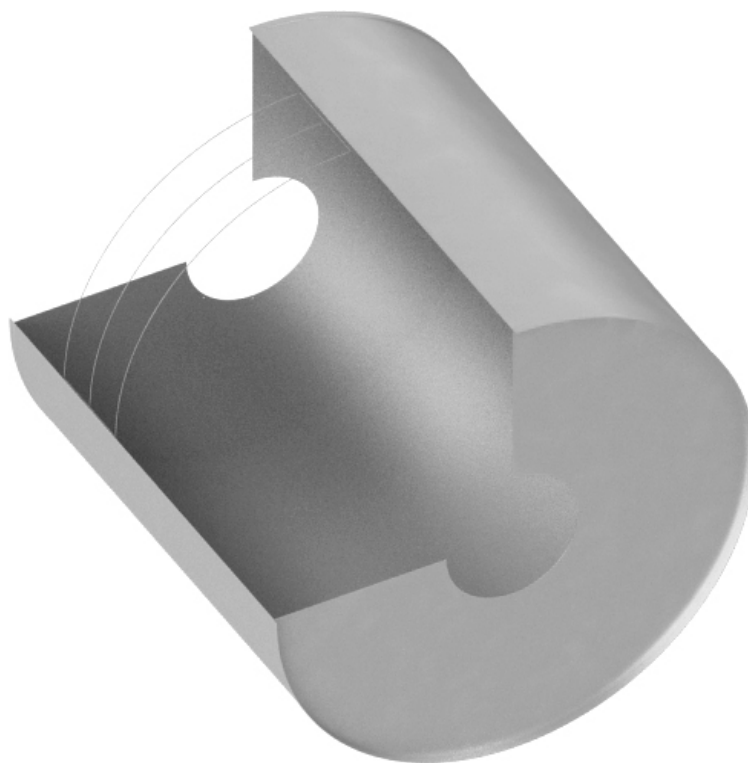
Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 82 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la pieza de unión del punto piezométrico con la tapa de impulsión está en el apéndice “Planos” en la página 96.

#### 4.2. Cámara de ensayo

La instalación seleccionada del presente proyecto consta de una cámara donde las condiciones de presión son por debajo de la presión ambiente con el fin de simular una serie de condiciones idóneas para el ventilador de ensayo.

La **Figure 16** corresponde a la cámara de aspiración que está compuesta:

1. Tapa de la derecha de la cámara de aspiración
2. Tubo de la cámara de aspiración
3. Tapa de la izquierda de la cámara de aspiración
4. Estabilizador de caudal



**Figure 16** Cámara de aspiración

El material seleccionado para cada una de las piezas de la cámara de aspiración:

Acero al carbono: S 235 JR

Este material tiene las siguientes características:

- Tratamiento superficial: galvanizado.
- Composición química:

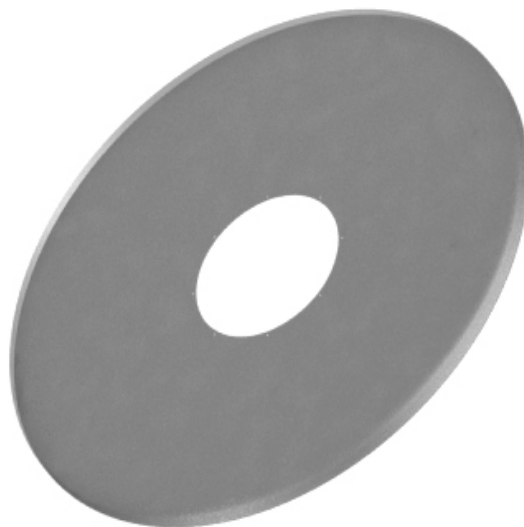
C: 0.46-0.54	Si: 0.17-0.37	Mg: 0.50-0.80	Cr: 0.80-1.10
Cu: 0.25	P: 0.030	Ni : 0.35	S: 0.030

- Funcionamiento: Buenas características debido a la adicción de vanadio para hacer los granos cristalinos del acero refinados, reduciendo la sensibilidad termal, mejorando fuerza y dureza.

- Proceso: EAF + LF + VD + tratamiento térmico (opcional)

#### 4.2.1. Tapa de impulsión de la cámara de ensayo

Se trata de una pieza que va unida al tubo de impulsión y al tubo de la cámara de ensayo cuya función principal es la unión de las dos piezas nombradas.



**Figure 17** Tapa de impulsión

##### 4.2.1.1. Dimensiones principales de la tapa de impulsión de la cámara de ensayo

Se trata de una pieza de 50mm de longitud.

Diámetro exterior	2820mm
Diámetro interior	2810mm
Espesor	5mm

A esta pieza se le suelda placa circular de diámetro 2820mm con un orificio interior de 1000mm. Se taladran 8 taladros roscados de métrica 12 en un diámetro de 1048mm.

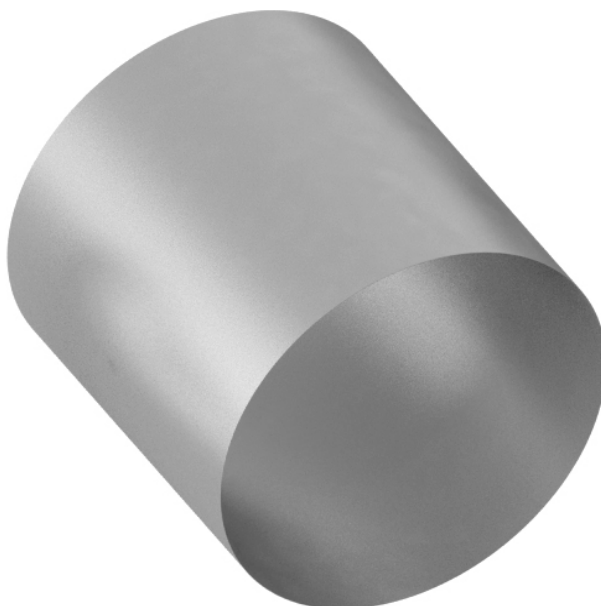
Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura en la capa exterior de la tapa con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm en un diámetro de 1016 mm.

En la capa interior, se mecaniza el mismo tipo de ranura pero en un diámetro de 2805mm.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 85 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la tapa de impulsión está en el apéndice “Planos” en la página 97.

#### **4.2.2. Tubo de la cámara de ensayo**

Se trata de la pieza clave de la instalación, donde se alcanzan las condiciones de idóneas del ventilador de ensayo.



**Figure 18** Tubo de la cámara de ensayo

##### **4.2.2.1. Dimensiones principales del tubo de la cámara de ensayo**

Se trata de una pieza de 2800mm de longitud.

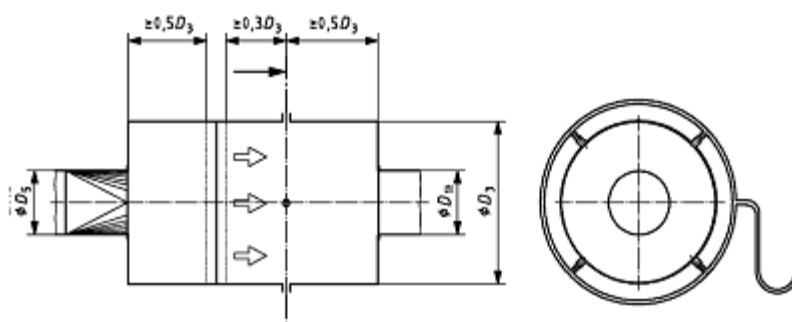
Diámetro exterior	2810mm
Diámetro interior	2800mm
Espesor	5mm

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm en un diámetro de 2805mm.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 83 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación del tubo de la cámara de aspiración está en el apéndice “Planos” en la página 98.

#### 4.2.2.2. Construcción y posición de las tomas de presión

Considerando un circuito cilíndrico en el adecuado plano de medición de presión, deberían seleccionarse un mínimo de cuatro puntos, equidistantes y simétricamente repartidos alrededor de los ejes con un ángulo de 90°.



**Figure 19** Colocación de los tubos Pitot en la cámara de ensayo

Por tanto para la correcta medición se deben hacer un total de 4 tomas de presión. Cada toma está correctamente definida según la normativa UNE-EN ISO 5801 en el plano de cámara de ensayo del presente proyecto. Se sitúan a una distancia desde el extremo izquierdo del tubo de 1960 mm.

#### 4.2.2.3. Selección del tubo pitot

Se utiliza el tubo pitot para calcular la presión total. Mide la velocidad de un punto dado la corriente del flujo, no la media de la velocidad del viento. El instrumento debe de ser conforme con los requisitos de la norma ISO 3966. El tubo pitot seleccionado para el punto piezométrico es suministrado por la empresa SICO. Son 4 tubos pitot de la marca DWYER.



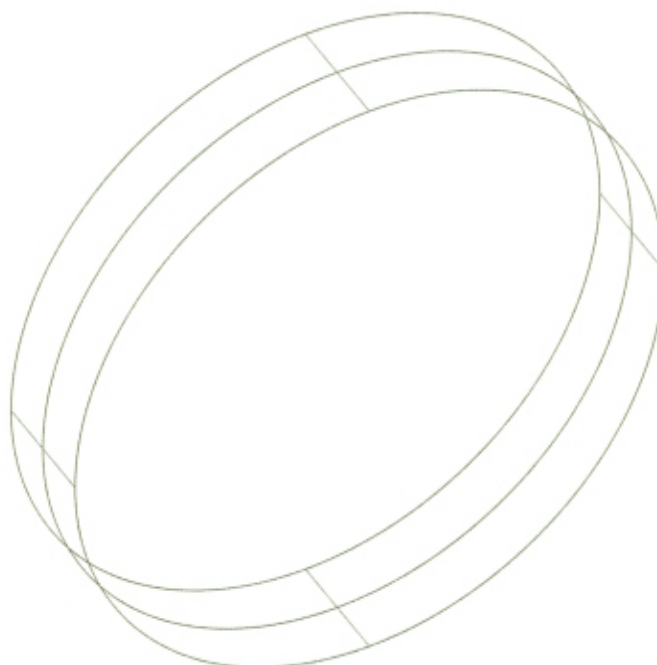
**4.2.2.4. Estabilizadores de caudal.**

Se instala estabilizadores de caudal en la cámara de ensayo en distintos planos para conseguir los perfiles de caudales requeridos. Si el plano de medición está situado aguas arriba del estabilizador de caudal, el propósito de la pantalla es absorber la energía cinética del chorro aguas arriba y permitir su expansión normal como si fuera un espacio abierto.

Se tratan de tres telas de alambre unidas a una estructura diseñada en el presente proyecto y separadas 280mm.

La primera de ellas se situará a una distancia de 840mm desde el extremo izquierdo y cuenta con una reducción del 60%, la segunda de ellas a 1120mm con una reducción del 50% y la tercera a 1400mm con una reducción del 45%.

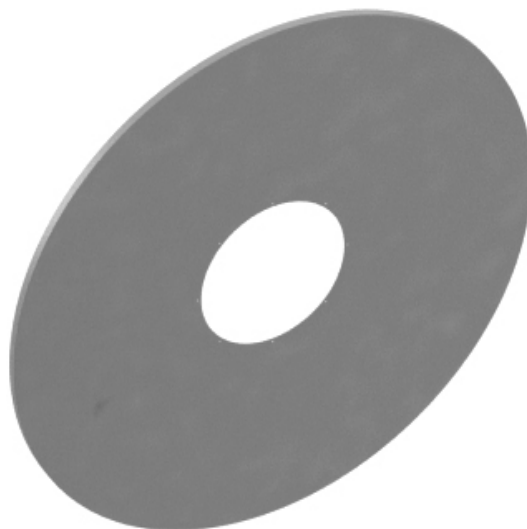
Cada una de las mallas está atornillada a un aro de 5 mm de espesor. Las dos primeras pantallas van soldadas con 8 tubos de 5 mm de espesor de longitud 276mm. La última de las pantallas va unida al resto de la estructura con 8 tubos de 5 mm de espesor y una longitud de 272mm.



**Figure 20** Estabilizador de caudal

**4.2.3. Tapa de aspiración de la cámara de ensayo**

Se trata de una pieza que va unida a la cámara de ensayo y al ventilador de ensayo.



**Figure 21** Tapa de aspiración

**4.2.3.1. Dimensiones principales de la tapa de aspiración de la cámara de ensayo**

Se trata de una pieza de 50mm de longitud.

Diámetro exterior	2820mm
Diámetro interior	2810mm
Espesor	5mm

A esta pieza se le suelda placa circular de diámetro 2820mm con un orificio interior de 1200mm. Se taladran 8 taladros roscados de métrica 12 en un diámetro de 1248mm.

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se hace una ranura en la capa exterior de la tapa con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm en un diámetro de 1216 mm.

Estas dimensiones están desarrolladas en el apéndice “Dimensionado de la instalación” en la página 85 del presente proyecto donde se determinan las dimensiones principales de la pieza en según la normativa. El plano de fabricación de la tapa de aspiración está en el apéndice “Planos” en la página 99.

## 5. Características del ventilador auxiliar

En la instalación de ensayo escogida es preciso utilizar un ventilador auxiliar para controlar el punto de funcionamiento del ventilador de ensayo. Debe diseñarse para poder producir la suficiente presión para superar las pérdidas de carga a lo largo de la instalación de ensayo al caudal deseado. Pueden necesitarse dispositivos de ajuste de caudal, tales como válvulas, control de ángulo o control de velocidad. Los ventiladores auxiliares no deben crear bombeo o flujo pulsante durante los ensayos.

### 5.1. Análisis energético

La instalación de ensayo de ventiladores industriales, cuenta con un tubo de impulsión dónde las magnitudes de sus variables van cambiando a lo largo del tubo por ello en un movimiento estacionario de un gas ideal se conservan las magnitudes de remanso. Si la geometría impone además que una de las componentes de la velocidad sea dominante, será además casi unidireccional.

Si el área que ocupa el flujo, aunque variable, es conocida  $A(x)$  por ser un conducto de geometría definida, se podrá no solo obtener las variables termodinámicas de presión y temperatura estáticas  $p$  y  $T$ , en función de las de remanso  $p_0$  y  $T_0$ , según el valor local de la velocidad  $v$ , sino también obtener  $p$ ,  $T$  y  $v$  en función de la coordenada  $x$ .

Suponiendo que en cada sección del tubo de corriente (que puede ocupar todo el conducto o ser una porción de él), las variables fluidas son uniformes y que el área transversal es  $A(x)$ , la ecuación de la continuidad nos dice que el gasto es constante a lo largo del tubo. De igual modo por ser el movimiento ideal ( isentrópico) y estacionario ( isentálpico), las variables de remanso se mantienen. Se cumplen por tanto las siguientes ecuaciones:

$$\rho VA = G \quad (1)$$

$$\frac{\gamma}{\gamma-1} \frac{p}{\rho} + \frac{1}{2} v^2 = h_0 \quad (2)$$

$$\zeta_v \ln \frac{p}{\rho^\gamma} = s_o \quad (3)$$

donde todos los segundos términos de las igualdades son constantes para cada tubo de corriente. Diferenciando este sistema de ecuaciones resulta

$$\frac{d\rho}{\rho} + \frac{dV}{V} + \frac{dA}{A} = 0 \quad (4)$$

$$\alpha^2 \frac{d\rho}{\rho} + V dV = 0 \quad (5)$$

$$\frac{dp}{p} - \gamma \frac{d\rho}{\rho} = 0 \quad (6)$$

Para obtener la última de las ecuaciones anteriores se ha utilizado que la velocidad del sonido  $a$  se define para un gas perfecto como

$$\alpha^2 \frac{dp}{d\rho} = \gamma \frac{p}{\rho} \quad S = s_o \quad (7)$$

Las tres ecuaciones anteriores relacionan los diferenciales de las cuatro variables en juego:  $v$ ,  $p$ , y  $A$ . Conocido cualquiera de ellos se puede obtener los otros tres.

**5.1.1. Ecuaciones del movimiento**

Las ecuaciones generales para el movimiento de fluidos en tubos de sección lentamente variables son:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{1}{A} \frac{\partial}{\partial x} (\rho V A) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{2} V^2 + U_P \right) + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = - \frac{\lambda}{8} \frac{V^2}{r_h} \quad (9)$$

$$\rho \frac{\partial}{\partial t} \left( h + \frac{1}{2} V^2 \right) + \rho V \frac{\partial}{\partial x} \left( h + \frac{1}{2} V^2 + U_P \right) - \frac{\partial p}{\partial t} = q_s \frac{1}{r_h} + q_r \frac{1}{A} \quad (10)$$

En el caso de que la sección sea constante y el movimiento sea estacionario, no haya calor por reacción química y consideremos que por ser un gas la energía potencial gravitatoria es despreciable, las ecuaciones anteriores se reducen a

$$\rho V = \frac{G}{A} \quad (11)$$

$$\rho V \frac{dV}{dx} + \frac{dp}{dx} = - \frac{\lambda}{8} \rho \frac{V^2}{r_h} \quad (12)$$

$$\rho V \frac{d}{dx} \left( h + \frac{1}{2} V^2 \right) = \frac{q_s}{r_h} \quad (13)$$

El problema queda planteado y se puede integrar la solución a lo largo de  $x$  si se conocen los coeficientes de fricción y el flujo de calor a través de la superficie del conducto.

### 5.1.2. Movimiento isentrópico estacionario con cambio de área

En el tubo de impulsión que estamos considerando, tiene un área que no varía con la coordenada  $x$ , pero a la entrada del tubo, se tiene una pieza de transformación cuyo sección varia a lo largo de su longitud. Se considera, por tanto, un conducto de sección variable  $A(x)$ , y en cada sección las variables fluidas son uniformes, originándose el flujo en una zona de variables de remanso también uniformes, las ecuaciones semintegrales y diferenciales anteriores pueden servir para estudiar a lo largo del conducto la variación de las magnitudes fluidas. Eliminando el diferencial de la densidad entre la primera y la tercera de las ecuaciones descritas en el apartado anterior se puede llegar a la expresión

$$\frac{dV}{V} \left( 1 - \frac{V^2}{a^2} \right) = \frac{dV}{V} (1 - M^2) = - \frac{dA}{A} \quad (14)$$

De donde se deduce que si el flujo es subsónico ( $M < 1$ ) para acelerar el flujo el área habrá de disminuir ( $dA < 0$ ), mientras que si es supersónico ( $M > 1$ ) el flujo se acelera si el área aumenta ( $dA > 0$ ). Esto significa que la condición sónica ( $M = 1$ ) implica que  $dA = 0$ , por lo que si existe se presenta siempre en la posición de mínima área de paso.

Pero cuando se ensayan ventiladores de baja presión utilizando circuitos normalizados, se acuerda que la velocidad del aire es lo suficientemente baja para que su influencia en parámetros tales como la presión del gas, la temperatura y la densidad puede ser obviada. Para ventiladores de presión media o alta, se debe distinguir entre valores de estancamiento o valores estáticos de presión, temperatura y densidad, a menos que el número de Mach de referencia sea menor de 0,15, correspondiente a una velocidad de aire estándar de 51,5 m/s. El número de Mach de 0,15 se considera como el límite por encima del que debe hacer esta distinción.

### 5.1.3 Pérdidas energéticas

Al estudiar movimientos en conductos se obtuvo para fluidos la ecuación

$$\rho V \frac{dV}{dx} + \frac{dp}{dx} = - \frac{\lambda}{8} \rho \frac{V^2}{r_h} \quad (15)$$

Si el segundo miembro de la ecuación anterior es nulo, se tiene la llamada ecuación de

Euler-Bernoulli, de aplicación en flujo ideal. La energía mecánica específica, suma de presión, energía cinética y energía potencial, se denomina de modo general carga o altura equivalente (o simplemente altura), pues se puede medir en una altura  $H$ .

Si se cumplen estas dos condiciones el flujo se puede considerar casi-unidireccional. En caso contrario los flujos secundarios producidos invalidarían esta hipótesis.

En una instalación hidráulica general además de los tramos de tubería donde la ecuación anterior es aplicable, hay otros elementos donde esto no se cumple:

- Contracciones y ensanchamientos de sección
- Uniones y bifurcaciones
- Válvulas
- Codos

Si suponemos  $Re$  altos, lo que no significa flujo turbulento, y sí dominio de los términos convectivos sobre los viscosos, la pérdida de carga localizada puede expresarse como una constante propia del elemento por la presión dinámica del flujo donde  $V$  es la velocidad en la sección de referencia, que será normalmente la de la tubería. Es posible que la constante de pérdidas  $K$  sea en algún caso  $K > 1$ , lo que indica que en algún punto hay mayor velocidad por ser menor el área, pero la pérdida se ha referido no a este punto de máxima presión dinámica, sino a la correspondiente a la sección de referencia.

Puede ahora establecerse una ecuación general de cálculo para la pérdida de carga. En flujo estacionario, y en un conducto de sección circular expresión que se conoce como de Darcy-Weisbach.

$$-\Delta H = \left[ \lambda \frac{L}{D} + \sum K_i \right] \frac{V^2}{2g} \quad (16)$$

**5.2. Pérdidas de carga en la instalación**

La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía dinámica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene como bien ha sido explicada en el apartado anterior. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc. Cuyo caudal y compensación de la pérdida de carga será suministrada por el sistema variable de impulsión de aire.

En el circuito normalizado de la instalación de tenemos las siguientes pérdidas:

**Tramo 1 - 2:** Salida del ventilador auxiliar hasta punto piezométrico:

Elementos que producen pérdida de carga:

- Enderezador de caudal
- Punto piezo métrico

**Tramo 2 – 3:** Punto piezométrico hasta toma de presión cámara de ensayo.

Elementos que producen pérdida de carga:

- Ensanchamiento brusco
- Uniformizador de flujo

**Tramo 3 – 4:** Camara de ensayo hasta ventilador de ensayo

Elemento que produce la pérdida de carga:

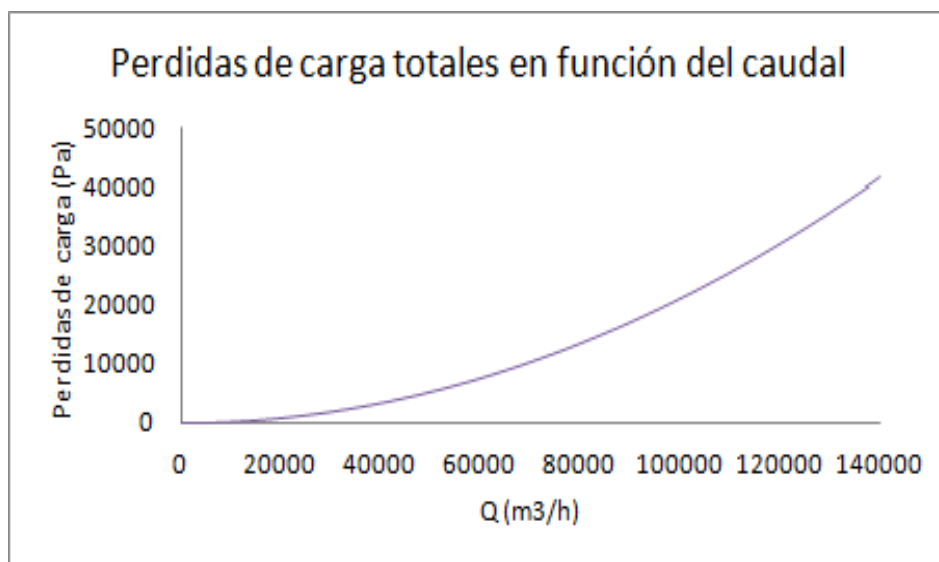
- Contracción de caudal

Estas pérdidas de carga están desarrolladas en el apéndice "Curvas características del ventilador auxiliar" en la página 131 donde se determinan las pérdidas de carga totales entre el sistema variable para la impulsión de aire hasta la entrada del ventilador de ensayo. Se obtiene sumando todas las pérdidas de carga parciales de cada uno de los tramos:

$$\Delta p_{Total} = \xi_{1-2} \frac{1}{2} \rho V^2 + (K_a + K_b) \frac{1}{2} \frac{V^2}{g} 9800 + \xi_{3-4} \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (Pa) \quad (17)$$



En la **Figure 22** se observa que las pérdidas de carga aumentan en función del caudal en forma parabólica ya que la ecuación (17) depende de la velocidad del fluido al cuadrado y por tanto del caudal que circula por el banco de ensayos.



**Figure 22** Pérdida de carga totales

### 5.3. Condiciones de ensayo

Para completar el cálculo energético de la instalación es necesario suministrar un valor característico para el salto de presión que está produciéndose en el ventilador ensayado. Dada la amplitud de la gama de modelos fabricados por el cliente hemos optado por utilizar un único valor para cada modelo de ventilador, el valor característico seleccionado se corresponde con el punto de rendimiento máximo de cada ventilador.

Con estos datos hemos generado una nube de puntos que permite obtener el salto de presiones requerido en el ventilador auxiliar. Son estos puntos los que nos permiten caracterizar el comportamiento exigible a este sistema de impulsión auxiliar.

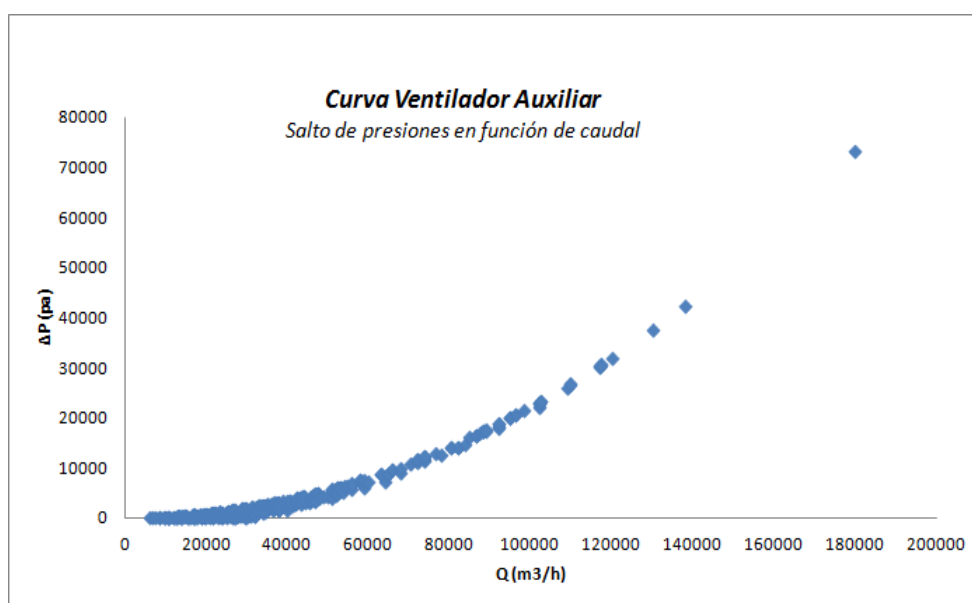
Este conjunto de datos están desarrollados en el apéndice "Punto de ensayo de ventiladores industriales" en la página 100 donde se determina el salto de presión en el ventilador auxiliar en función del ventilador ensayado.

#### 5.4. Curvas características del ventilador auxiliar

Como se ha explicado en el apartado anterior cada uno de los modelos de ventilador debe proporcionar un cierto salto de presión en función del caudal impulsado. Estos datos han sido recopilados en el apéndice “Punto de ensayo del ventilador industrial” en la página 100 del presente proyecto.

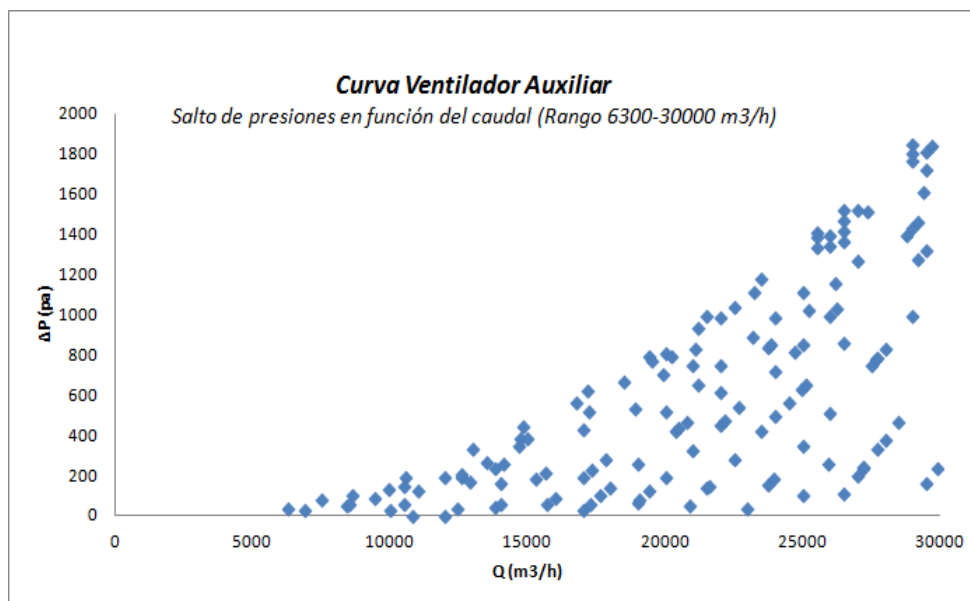
A continuación se ha representado el salto de presión en función del caudal que está circulando por el banco de ensayos para obtener el comportamiento que debe de tener el ventilador auxiliar para que se pueda ensayar cada modelo de ventilador que tiene el fabricante.

La **Figure 23** representa que el salto de presión que debe proporcionar el ventilador auxiliar y el caudal que está circulando por el banco de ensayos están relacionadas. Como se observa en ella el salto de presión aumenta en función del caudal. Existe una acumulación de puntos en la parte izquierda de la gráfica por lo que es necesario aumentar dicha zona.



**Figure 23** Estimación de la curva del ventilador auxiliar

En la **Figure 24** se ha realizado una ampliación para un rango de caudales de 6300 a 30000 m³/h. Se observa que existe una serie de curvas paralelas entre si donde el salto de presión aumenta en función del caudal.



**Figure 24** Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-30000 m³/h)

Por tanto para ensayar cualquier modelo de ventilador, se debe instalar un ventilador auxiliar que pueda modular su punto de funcionamiento. Para el ajuste del punto de funcionamiento será necesario emplear sistemas como compuertas, variación de velocidad o del ángulo de los álabes.

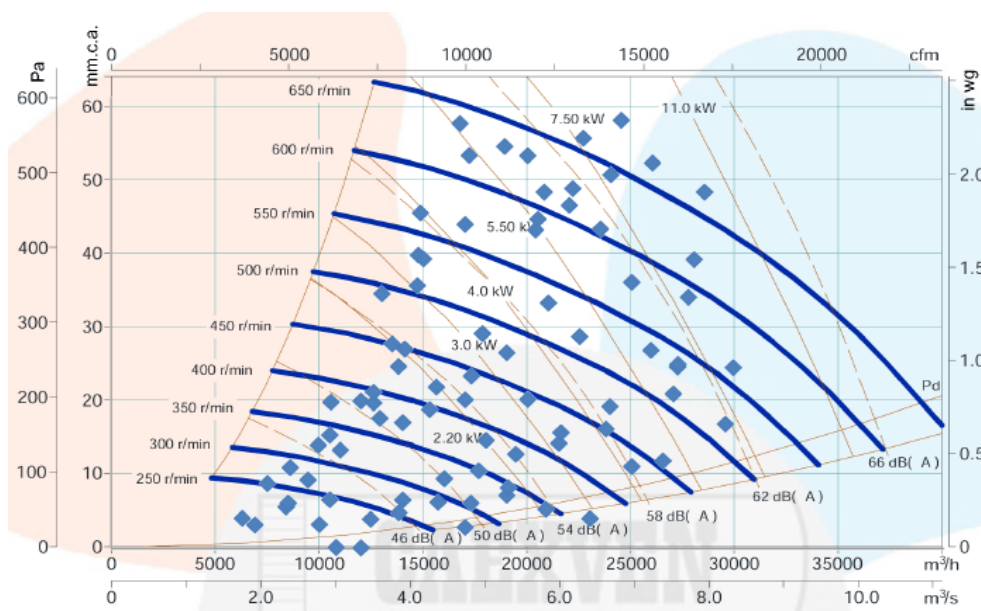
### 5.5. Modelo del ventilador auxiliar

La selección del ventilador auxiliar la propone la empresa Domingo Andreu S.L considerando que siguiente modelo de ventilador cumple las condiciones de funcionamiento:

**CVTDA: Caja de ventilación de doble aspiración, aislada acústicamente y térmicamente, con motor a transmisión**

Este modelo de ventilador está seleccionado según el apéndice "Punto de ensayo del ventilador industrial" en la página 100 y las curvas características del ventilador auxiliar obtenidas a partir de esos puntos de ensayos, se encuentran en el apéndice "Curvas características del ventilador auxiliar" en la página 152 donde también se encuentran las curvas de comportamiento del ventilador seleccionado.

A continuación se ha realizado la superposición del conjunto de datos del apéndice “Punto de ensayo del ventilador industrial” en la página 100 con las curvas de comportamiento del ventilador auxiliar seleccionado en el presente proyecto.



**Figure 25** Superposición puntos de ensayo y curva ventilador auxiliar

En la **Figure 25** se observa como los puntos de ensayo obtenidos a partir del punto de máximo rendimiento de cada modelo de ventiladores industriales que fabrica el cliente se encuentran dentro de las curvas de comportamiento del ventilador auxiliar.

Por tanto, el ventilador auxiliar seleccionado por la empresa Domingo Andreu S.L cumpliría las condiciones de funcionamiento en función del modelo de ventilador ensayado.

## Diseño de un banco de ventiladores

## 6. Presupuesto

## 6.1. Estado de mediciones

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
<i>Capítulo 1º</i>							
<i>Conducto de impulsión de aire</i>							
<i>Pieza unión: pieza de transformación con enderezador de caudal</i>							
1.1.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	194,9	194,9		
					Total	194,9	Kg
1.1.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	16	-	-	1	16	
					Total	16	Ud
1.1.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	16	-	-	1	16	
					Total	16	Ud
1.1.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	16	-	-	1	16	
					Total	16	Ud
1.1.5	Junta elástica para el sellado de conductos	2	-	-	1	2	
					Total	2	Ud
1.1.6	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	2	-	-	1	2	
					Total	2	Horas
<i>Enderezador de caudal</i>							
1.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	256,9	256,9		
					Total	256,9	Kg

## Diseño de un banco de ventiladores

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
1.2.2	Kg de chapa de acero S 235 JR para el enderezador con espesor de 5mm	1	-	314	314		
					Total	314	Kg
1.2.3	h. de proceso de soldadura para la unión de las dos partes	8	-	-	1	8	
					Total	8	Horas
1.2.4	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
1.2.5	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
1.2.6	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
1.2.7	Junta elástica para el sellado de conductos	1	-	-	1	1	
					Total	1	Ud
1.2.8	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	2	-	-	1	2	
					Total	2	Horas
<i>Pieza unión: enderezador de caudal con punto piezométrico</i>							
1.3.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	566,7	566,7		
					Total	566,7	Kg
1.3.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
1.3.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud

## Diseño de un banco de ventiladores

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
1.3.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.3.5	Junta elástica para el sellado de conductos	1	-	-	1	1	Ud
					Total	1	
1.3.6	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	2	-	-	1	2	Horas
					Total	2	
Punto piezométrico							
1.4.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	132,9	132,9		Kg
					Total	132,9	
1.4.2	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	24	0	-	0	0,1	Kg
					Total	0,1	
1.4.3	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	8	-	-	1	8	Horas
					Total	8	
1.4.4	Tubos pitots modelo DWYER 160-8	18	-	-	1	18	Ud
					Total	18	
1.4.5	Tubos pitots modelo DWYER 160-18	6	-	-	1	6	Ud
					Total	6	
1.4.6	Equipo de medida de presión		-	-	1	0	Ud
					Total	0	
1.4.7	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	

## Diseño de un banco de ventiladores

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
1.4.8	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.4.9	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.4.10	Junta elástica para el sellado de conductos	1	-	-	1	1	Ud
					Total	1	
<i>Pieza unión punto piezométrico con la cámara de ensayo</i>							
1.5.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	132,9	132,9		Kg
					Total	132,9	
1.5.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.5.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.5.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
1.5.5	Junta elástica para el sellado de conductos	1	-	-	1	1	Ud
					Total	1	
1.5.6	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	2	-	-	1	2	Horas
					Total	2	



## Diseño de un banco de ventiladores

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
<b>Capítulo 2º</b>							
<b>Cámara de ensayo</b>							
<i>Tapa de impulsión</i>							
2.1.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	426,3	426,3		
					Total	426,3	Kg
2.1.2	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	4	-	-	1	4	
					Total	4	Horas
<i>Tapa de aspiración</i>							
2.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	426,3	426,3		
					Total	426,3	Kg
2.2.2	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	4	-	-	1	4	
					Total	4	Horas
2.2.3	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
2.2.4	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud
2.2.5	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	
					Total	8	Ud

## Diseño de un banco de ventiladores

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
Cámara de aspiración							
2.3.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	1600,3	1600,3		
					Total	1600,3	Kg
2.3.2	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	4	0	-	0	0	
					Total	0	Kg
2.3.3	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	8	-	-	1	8	
					Total	8	Horas
2.3.4	Tubos pitots		-	-	1	0	
					Total	0	Ud
2.3.5	Equipo de medida de presión		-	-	1	0	
					Total	0	Ud
2.3.6	Junta elástica para el sellado de de la cámara con las tapas	2	-	-	1	2	
					Total	2	Ud
2.3.7	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	2	-	-	1	2	
					Total	2	Horas
2.3.8	Elemento de chapa perforada con una reducción del 45%	1	-	1	1		
					Total	1	Ud
2.3.9	Elemento de chapa perforada con una reducción del 50%	1	-	1	1		
					Total	1	Ud
2.3.10	Elemento de chapa perforada con una reducción del 60%	1	-	1	1		
					Total	1	Ud

## Instalación de ventiladores industriales

Orden	Designación de la clase de obra	Nº partes iguales	Propiedades		Resultados		Clase unidad
			Volumen (m3)	Masa (kg)	Parcial	Total	
<b>Capítulo 3º</b>							
<b>Conjunto ventilador auxiliar</b>							
<i>Ventilador auxiliar</i>							
3.1.1	Ventilador auxiliar modelo CVTDA	1	-	-	1	1	Ud
					Total	1	
	Pieza unión ventilador auxiliar con tubo de impulsión						
3.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1	-	194,9	194,9		Kg
					Total	194,9	
3.2.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
3.2.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
3.2.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	8	-	-	1	8	Ud
					Total	8	
3.2.5	Junta elástica para el sellado de conductos	1	-	-	1	1	Ud
					Total	1	
3.2.6	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	2	-	-	1	2	Horas
					Total	2	

**6.2. Cuadro de precios**

Orden	Designación de la clase de obra	Precio unidad (€)
<b>Capítulo 1º</b>		
<b>Conducto de impulsión de aire</b>		
<i>Pieza unión: pieza de transformación con enderezador de caudal</i>		
1.1.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
1.1.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
1.1.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
1.1.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
1.1.5	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3
1.1.6	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
<i>Enderezador de caudal</i>		
1.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
1.2.2	Kg de chapa de acero S 235 JR para el enderezador con espesor de 5mm	1,5
1.2.3	h. de proceso de soldadura para la unión de las dos partes	26,5
1.2.4	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
1.2.5	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
1.2.6	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
1.2.7	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3
1.2.8	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
<i>Pieza unión: enderezador de caudal con punto piezométrico</i>		
1.3.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
1.3.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
1.3.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
1.3.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
1.3.5	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3
1.3.6	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
<i>Punto piezométrico</i>		
1.4.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
1.4.2	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	2,5
1.4.3	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	47,4
1.4.4	Tubos pitots modelo DWYER 160-8	84
1.4.5	Tubos pitots modelo DWYER 160-18	93,5
1.4.6	Equipo de medida de presión	
1.4.7	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
1.4.8	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
1.4.9	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
1.4.10	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3

*Instalación de ventiladores industriales*

<b>Orden</b>	<b>Designación de la clase de obra</b>	<b>Precio unidad (€)</b>
<i>Pieza unión punto piezométrico con la cámara de ensayo</i>		
1.5.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
1.5.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
1.5.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
1.5.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
1.5.5	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3
1.5.6	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	32,75
<b>Capítulo 2º</b>		
<b>Cámara de ensayo</b>		
<i>Tapa de impulsión</i>		
2.1.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
2.1.2	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
<i>Tapa de aspiración</i>		
2.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
2.2.2	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
2.2.3	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
2.2.4	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
2.2.5	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
<i>Cámara de aspiración</i>		
2.3.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
2.3.2	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	2,5
2.3.3	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	47,4
2.3.4	Tubos pitots	
2.3.5	Equipo de medida de presión	
2.3.6	Junta elástica para el sellado de de la cámara con las tapas	0,3
2.3.7	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75
2.3.8	Elemento de chapa perforada con una reducción del 45%	58,45
2.3.9	Elemento de chapa perforada con una reducción del 50%	58,45
2.3.10	Elemento de chapa perforada con una reducción del 60%	58,45
<b>Capítulo 3º</b>		
<b>Conjunto ventilador auxiliar</b>		
<i>Ventilador auxiliar</i>		
3.1.1	Ventilador auxiliar modelo CVTDA	4.312
<i>Pieza unión ventilador auxiliar con tubo de impulsión</i>		
3.2.1	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5
3.2.2	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127
3.2.3	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1
3.2.4	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35
3.2.6	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	32,7

*Instalación de ventiladores industriales***6.3. Presupuesto general**

Orden	Nº	Designación de la clase de obra	Precio Unidad	Importe
	Unidades		(€)	(€)
<b>Capítulo 1º</b>				
<b>Conducto de impulsión de aire</b>				
<i>Pieza unión: pieza de transformación con enderezador de caudal</i>				
1.1.1	194,9	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	292,4
1.1.2	16,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	8,2
1.1.3	16,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	1,6
1.1.4	16,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	5,6
1.1.5	2,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,6
1.1.6	2,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	65,5
<i>Enderezador de caudal</i>				
1.2.1	256,9	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	385,3
1.2.2	314,0	Kg de chapa de acero S 235 JR para el enderezador con espesor de 5mm	1,5	471,0
1.2.3	8,0	h. de proceso de soldadura para la unión de las dos partes	26,5	212,0
1.2.4	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
1.2.5	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8
1.2.6	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8
1.2.7	1,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,3
1.2.8	2,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	65,5
<i>Pieza unión: enderezador de caudal con punto piezométrico</i>				
1.3.1	566,7	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	850,0
1.3.2	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
1.3.3	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8
1.3.4	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8

*Instalación de ventiladores industriales*

Orden	Nº	Designación de la clase de obra	Precio Unidad	Importe
	Unidades		(€)	(€)
1.3.5	1,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,3
1.3.6	2,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	65,5
<i>Punto piezométrico</i>				
1.4.1	132,9	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	199,4
1.4.2	0,1	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	2,5	0,2
1.4.3	8,0	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	47,4	379,2
1.4.4	18,0	Tubos pitots modelo DWYER 160-8	84	1512,0
1.4.5	6,0	Tubos pitots modelo DWYER 160-18	93,5	561,0
1.4.6	0,0	Equipo de medida de presión	0	0,0
1.4.7	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
1.4.8	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8
1.4.9	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8
1.4.10	1,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,3
<i>Pieza unión punto piezométrico con la cámara de ensayo</i>				
1.5.1	132,9	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	199,4
1.5.2	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
1.5.3	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8
1.5.4	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8
1.5.5	1,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,3
1.5.6	2,0	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	32,75	65,5
			Total capítulo 1	5371,9
<b>Capítulo 2º</b>				
<b>Cámara de ensayo</b>				
<i>Tapa de impulsión</i>				
2.1.1	426,3	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	639,4
2.1.2	4,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	131,0

*Instalación de ventiladores industriales*

Orden	Nº Unidades	Designación de la clase de obra	Precio Unidad (€)	Importe (€)
<i>Tapa de aspiración</i>				
2.2.1	426,3	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	639,4
2.2.2	4,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	131,0
2.2.3	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
2.2.4	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8
2.2.5	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8
<i>Cámara de aspiración</i>				
2.3.1	1600,3	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	2400,4
2.3.2	0,0	m3 de molde para fundición de la boquilla de los tubos pitots	2,5	0,0
2.3.3	8,0	h. de fresado, soldadura al tubo y operación de taladrado	47,4	379,2
2.3.4	0,0	Tubos pitots	0	0,0
2.3.5	0,0	Equipo de medida de presión	0	0,0
2.3.6	2,0	Junta elástica para el sellado de de la cámara con las tapas	0,3	0,6
2.3.7	2,0	h. de proceso de mecanizado y operación de taladrado	32,75	65,5
2.3.8	1,0	Elemento de chapa perforada con una reducción del 45%	58,45	58,5
2.3.9	1,0	Elemento de chapa perforada con una reducción del 50%	58,45	58,5
2.3.10	1,0	Elemento de chapa perforada con una reducción del 60%	58,45	58,5
			Total capítulo 2	4569,6
<b>Capítulo 3º</b>				
<b>Conjunto ventilador auxiliar</b>				
<i>Ventilador auxiliar</i>				
3.1.1	1,0	Ventilador auxiliar modelo CVTDA	4312	4312,0
<i>Pieza unión ventilador auxiliar con tubo de impulsión</i>				
3.2.1	194,9	Kg de chapa de acero S 235 JR para el tubo con espesor de 5mm	1,5	292,4
3.2.2	8,0	Ud. de tornillo M12 de calidad 8.8 según DIN 931	0,5127	4,1
3.2.3	8,0	Ud. de arandela M12 de calidad 8.8 según DIN 125A	0,1	0,8



*Instalación de ventiladores industriales*

<b>Orden</b>	<b>Nº</b>	<b>Designación de la clase de obra</b>	<b>Precio Unidad</b>	<b>Importe</b>
	<b>Unidades</b>		<b>(€)</b>	<b>(€)</b>
3.2.4	8,0	Ud. de tuerca M12 de calidad 8.8 según DIN 555	0,35	2,8
3.2.5	1,0	Junta elástica para el sellado de conductos	0,3	0,3
3.2.6	2,0	h. de proceso de mecanizado, y operación de taladrado	32,75	65,5
			Total capítulo 3	4677,9

***Resumen del presupuesto***

Capítulo 1º	Conducto impulsión de aire	5371,909322	
Capítulo 2º	Cámara de ensayo de aspiración	4569,577211	
Capítulo 3º	Conjunto ventilador auxiliar	4677,860627	
		Total	14619,3      Euros
Presupuesto de ejecución material		14619,34716	Euros
6% de Beneficio industrial sobre el PEM		15496,50799	Euros
Presupuesto de ejecución por contrata		15496,50799	Euros

## **7. Conclusiones**

Este proyecto cuyo objeto era el diseño de un banco de ensayo para toda la gama de ventiladores industriales del fabricante. Ha tenido las siguientes fases de desarrollo:

En primer lugar se han determinado las necesidades del cliente a partir de las cuales se ha seleccionado el tipo de instalación mas sencillo capaz de realizar todos los ensayos requeridos. En este caso se trata de una instalación con tubo de Pitot y cámara de entrada.

En segundo lugar se ha dimensionado todos los elementos de la instalación evitando entrar en condiciones sónicas.

En tercer lugar se han determinado las características del ventilador auxiliar requerido en la impulsión por medio de un análisis energético de la instalación aplicado a los puntos de diseño de todos los ventiladores que fabrica el cliente. Con estos datos se han confeccionado las nubes de puntos de funcionamiento que tiene que proporcionar el ventilador auxiliar. Adicionalmente se han seleccionado el modelo del ventilador auxiliar.

En cuarto lugar se ha evaluado un presupuesto de la instalación basandonos en los datos suministrados por el cliente quien tiene capacidad para fabricar gran parte de la instalación. En quinto lugar el cliente ha comenzado la fabricación de elementos de la instalación.

## **8. Bibliografía**

Las referencias bibliográficas básicas para la elaboración del proyecto han sido:

- UNE 100-210-89: Ventiladores - Unidades, símbolos y definiciones.
- UNE 100-211-89: Ventiladores - Instrumentos y metodos de medida.
- UNE 100-212-90: Ventiladores - Dispositivos e instalaciones para el ensayo de ventiladores.
- UNE 100-213-90: Ventiladores - Ejecución del ensayo y calculo para presiones hasta 3000 pascal.
- UNE 100-214-90: Ventiladores - Presentación de los resultados de ensayo.
- UNE 100-230-95: Ventiladores - Recomendaciones para el acoplamiento al sistema de distribución.
- UNE-EN ISO 5136-2010: Acústica - Determinación de la potencia acustica radiada en un conducto por ventiladores y otros sistemas de ventilación.
- UNE-EN ISO 5801-2010: Ventiladores industriales - Ensayos aerodinámicos usando circuitos normalizados.
- UNE-EN ISO 5802-2010: Ventiladores industriales - Ensayo de funcionamiento in situ.
- UNE-EN ISO 12499-2010: Ventiladores industriales - Seguridad mecanica de los ventiladores.
- UNE-EN ISO 13349-2011: Ventiladores - Vocabulario y definiciones de categorías.
- UNE-EN ISO 13350-2009: Ventiladores industriales - Ensayos de comportamiento de ventiladores de chorro.
- UNE-EN ISO 13351-2010: Ventiladores - Dimensiones.
- UPCT, Apuntes de Mecánica de fluidos, Ingeniería Industrial. Curso 2007/08
- UPCT, Apuntes de Mecánica de fluidos aplicada, Ingeniería Industrial. Curso 2008/09
- UPCT, Apuntes de Ampliación de Mecánica de Fluidos, Ingeniería Industrial. Curso 2008/09

# **APÉNDICES**

# **APÉNDICE A**

## **Términos y definiciones**

**1. Magnitudes y definiciones**

- Área de sección del conducto,  $A_x$ :

Área del conducto en la sección x.

- Temperatura, T:

Temperatura del aire o del fluido medida por un sensor de temperatura.

- Temperatura absoluta,  $\Theta$ :

Temperatura termodinámica,

$$\Theta = T + 273,15 \quad (18)$$

- Constante específica de los gases, R:

Para un gas ideal seco, la ecuación de estado es,

$$\frac{p}{\rho} = R \Theta \quad (19)$$

Para aire seco,  $R = 287 \text{ J/kgK}$

- Exponente isentrópico,  $\kappa$ :

Para un gas ideal y en un proceso isentrópico,

$$\kappa = \gamma = \frac{c_p}{c_v} \quad (20)$$

Para aire atmosférico,  $\kappa = 1,4$

- Coeficiente de calor específico a presión constante,  $c_p$ :

Para un gas ideal,

$$c_p = \frac{\kappa}{\kappa - 1} R \quad (21)$$

- Coeficiente de calor específico a volumen constante,  $c_v$ :

Para un gas ideal,

$$c_v = \frac{1}{\kappa - 1} R \quad (22)$$

- Temperatura de estancamiento en un punto,  $\Theta_{sg}$ :

Temperatura absoluta que existe en un punto isentrópico de estancamiento en un gas ideal sin energía ni calor añadidos. Para números de Mach menores de 0,122 obtenidos para aire estándar con velocidades de conducto menores de 40 m/s, la temperatura de estancamiento es virtualmente la misma que la temperatura total.

- Temperatura estática del fluido en un punto,  $\Theta$ :

Temperatura absoluta registrada por un sensor de temperatura que se mueve a la velocidad del fluido.

Para un gas real,

$$\Theta = \Theta_{sg} - \frac{V^2}{2C_p} \quad (23)$$

- Temperatura de estancamiento en la sección x,  $\Theta_{sgx}$ :

Valor medio, a lo largo del tiempo, de la media de la temperatura de estancamiento en el área de esa sección específica del circuito.

- Temperatura estática o temperatura del fluido en la sección x,  $\Theta_x$ :

Valor medio, a lo largo del tiempo, de la media de la temperatura estática o temperatura del fluido en el área de la sección específica del circuito.

- Presión absoluta en un punto, p:

Presión, medida con respecto al cero absoluto de presión, que se ejerce en un punto en reposo en relación al aire que lo rodea.

- Presión atmosférica,  $p_a$ :

Presión absoluta de la atmósfera a la latitud media del ventilador.

- Presión manométrica,  $p_e$ :

Valor de la presión cuando el valor de referencia de presión es la presión atmosférica en el punto de medida. Esta presión puede ser negativa.

$$p_e = p - p_a \quad (24)$$

- Presión absoluta de estancamiento en un punto,  $p_{sg}$ :

Presión absoluta que se mediría en un punto de un gas en movimiento si éste fuera llevado al reposo por un proceso isentrópico.

$$p_{sg} = p \left( 1 + \frac{\kappa - 1}{2} Ma^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \quad (25)$$

- Factor de Mach,  $f_{Mx}$ :

Factor de corrección aplicado a la presión dinámica en un punto,

$$f_{Mx} = \frac{p_{sg} - p}{p_d} \quad (26)$$

- Presión dinámica en un punto,  $p_d$ :

Presión calculada a partir de la velocidad y la densidad del aire en un punto,

$$p_d = \rho \frac{V^2}{2} \quad (27)$$

- Numero de Mach en un punto,  $M_a$ :

Relación de la velocidad del gas en un punto con la velocidad del sonido,

$$M_a = \frac{V}{\sqrt{\kappa R \Theta}} = \frac{V}{c} \quad (28)$$



- Presión manométrica de estancamiento en un punto,  $p_{esg}$ :

Diferencia entre la presión absoluta de estancamiento,  $p_{sg}$ , y la presión atmosférica,  $p_a$ ,

$$P_{esg} = P_{sg} - P_a \quad (29)$$

- Caudal másico,  $q_m$ :

Valor medio, a lo largo del tiempo, de la masa de aire que pasa través de una sección específica del circuito por unidad de tiempo.

- Presión manométrica media en una sección x,  $p_{ex}$ :

Valor medio, lo largo del tiempo, de presión manométrica media en el área de esa sección específica del circuito.

- Presión media absoluta en una sección x,  $p_x$ :

Valor medio, a lo largo del tiempo, de la presión absoluta promediada en el área de esa sección específica del circuito,

$$P_x = P_{ex} + P_a \quad (30)$$

- Densidad media en una sección x,  $\rho_x$ :

Densidad del fluido calculada a partir de la presión absoluta,  $p_x$ , y la temperatura estática,  $\Theta_x$ ,

$$\rho_m = \frac{P_x}{R \Theta_x} \quad (31)$$

- Caudal volumétrico,  $q_{vx}$ :

Caudal másico en esa sección específica del circuito dividido por el valor medio, a lo largo del tiempo, de la densidad media en es sección,

$$q_{vx} = \frac{q_m}{\rho_m} \quad (32)$$

*Diseño de un banco de ventiladores*

- Velocidad media en una sección x,  $V_{mx}$ :

Caudal volumétrico en esa sección específica del circuito dividida por el área en esa sección,  $A_x$ ,

$$V_{mx} = \frac{q_{vx}}{A_x} \quad (33)$$

- Presión dinámica convencional en una sección x,  $p_{dx}$ :

Presión dinámica calculada de la media de velocidad y la media de densidad en esa sección específica del circuito,

$$p_{dx} = \frac{1}{2\rho_x} \left( \frac{q_m}{A_x} \right)^2 \quad (34)$$

- Número de Mach en una sección x,  $M_{ax}$ :

Velocidad media del gas dividida por la velocidad del sonido en la sección específica del circuito dado,

$$M_{ax} = \frac{V_{mx}}{\sqrt{\kappa R \Theta_x}} \quad (35)$$

- Media de la presión de estancamiento en una sección x,  $p_{sgx}$ :

Suma de la presión dinámica convencional  $p_{dx}$  corregida por el factor de Mach  $f_{Mx}$  en la sección y la media de la presión absoluta  $p_x$ ,

$$p_{sgx} = p_x + p_{dx} f_{Mx} \quad (36)$$

- Presión manométrica de estancamiento en una sección,  $p_{esgx}$ :

Diferencia entre la presión absoluta de estancamiento,  $p_{sgx}$ , y la presión atmosférica,  $p_a$ ,

$$p_{esgx} = p_{sgx} - p_a \quad (37)$$

- Presión del ventilador,  $p_f$ :

Diferencia entre la presión de estancamiento a la salida del ventilador y la presión de estancamiento a la entrada del ventilador,

$$p_f = p_{sg5} - p_{sg4} \quad (38)$$

- Presión dinámica a la salida del ventilador,  $p_{d5}$ :

Presión dinámica convencional a la salida del ventilador calculado a partir del caudal másico, la densidad media del gas a la salida y el área de salida del ventilador,

$$p_{d5} = \frac{1}{2\rho_5} \left( \frac{q_m}{A_5} \right)^2 \quad (39)$$

- Presión estática del ventilador,  $p_{sf}$ :

Cantidad convencional definida como la presión del ventilador menos la presión dinámica corregida por el factor de Mach,

$$p_{sf} = p_{sg5} - p_{d5} f_{M5} - p_{sg4} \quad (40)$$

- Trabajo másico del ventilador,  $W_m$ :

Incremento de la energía mecánica por unidad de masa del fluido que pasa a través del ventilador,

$$W_m = \frac{p_5 - p_4}{\rho_m} + \alpha_{A5} \frac{V_{m5}^2}{2} - \alpha_{A4} \frac{V_{m4}^2}{2} \quad (41)$$

- Trabajo másico estático del ventilador,  $W_{ms}$ :

Incremento de energía mecánica por unidad de masa del fluido que pasa a través del ventilador menos la energía cinética por unidad de masa aportada por el fluido,

$$W_{ms} = \frac{p_5 - p_4}{\rho_m} - \alpha_{A4} \frac{V_{m4}^2}{2} \quad (42)$$

- Ratio de presión del ventilador,  $r$ :

Relación de la media de presión absoluta de estancamiento en la sección de salida del ventilador con la sección de entrada,

$$r = \frac{P_{sg5}}{P_{sg4}} \quad (43)$$

- Coeficiente de compresibilidad,  $k_p$ :

Relación del trabajo mecánico hecho por el ventilador con el trabajo mecánico que haría el ventilador en un fluido incompresible con el mismo caudal másico, densidad de entrada y ratio de presión,

$$k_p = \frac{Z_k \log_{10} r}{\log_{10}[1 + Z_k (r - 1)]} \quad \text{donde} \quad Z_k = \frac{\kappa - 1}{\kappa} \frac{\rho_{sg4} P_r}{q_m P_f} \quad (44)$$

- Potencia aerodinámica del ventilador,  $\mathcal{P}_u$ :

Potencia convencional de salida que es igual al producto del caudal másico  $q_m$  y el trabajo másico del ventilador  $W_m$ ,

$$\mathcal{P}_u = q_m W_m = q_{Vsg4} P_f k_p \quad (45)$$

- Potencia aerodinámica estática del ventilador,  $\mathcal{P}_{us}$ :

Potencia convencional de salida que es igual al producto del caudal másico  $q_m$  y el trabajo estático másico del ventilador  $W_{ms}$ ,

$$\mathcal{P}_{us} = q_m W_{ms} = q_{Vsg4} P_{sf} k_{ps} \quad (46)$$

- Potencia del rodete,  $\mathcal{P}_r$ :

Potencia mecánica suministrada por el rodete del ventilador.

- Potencia en el eje del ventilador,  $\mathcal{P}_a$ :

Potencia mecánica suministrada por el eje del ventilador.

- Potencia suministrada por el motor,  $\mathcal{P}_o$ :

Potencia mecánica suministrada por el eje del motor o por otro equipo de accionamiento.

- Potencia consumida por el motor,  $\mathcal{P}_e$ :

Potencia mecánica suministrada en los terminales del motor eléctrico de accionamiento.

- Velocidad de giro del rodete,  $N$ :

Numero de vueltas del rodete del ventilador por minuto.

- Número de Mach periférico,  $M_{au}$ :

Parámetro adimensional igual a la relación de la velocidad de punta con la velocidad del sonido del gas en las condiciones de estancamiento a la entrada del ventilador,

$$M_{au} = \frac{u}{\sqrt{\kappa R \Theta_{sg4}}} \quad (47)$$

- Rendimiento del rodete del ventilador,  $\eta_r$  :

Potencia aerodinámica del ventilador dividido por la potencia del rodete,  $\mathcal{P}_r$ .

- Rendimiento del rodete del ventilador,  $\eta_{sr}$  :

Potencia estática del ventilador dividido por la potencia del rodete,  $\mathcal{P}_r$ .

- Rendimiento en el eje del ventilador,  $\eta_a$  :

Potencia aerodinámica del ventilador dividida por la potencia en el eje del ventilador,  $\mathcal{P}_a$ .

- Rendimiento en el eje motor,  $\eta_o$  :

Potencia aerodinámica del ventilador dividida por la potencia suministrada por el motor,  $\mathcal{P}_o$ .

- Rendimiento global del ventilador,  $\eta_e$  :

Potencia aerodinámica del ventilador dividida por la potencia combinada consumida por el motor y el ventilador en el,  $\mathcal{P}_e$ .

- Numero de Reynolds en la sección x,  $Re_{Dx}$ :

Parámetro adimensional el cual define el estado de desarrollo de un fluido y que es usado como un parámetro escalado,

$$Re_{Dx} = \frac{V_{mx} D_x}{v_x} \quad (48)$$

- Coeficiente de pérdidas de fricción,  $(\xi_{x-y})_y$  :

Coeficiente adimensional para las pérdidas entre los planos x e y de un conducto.

- Diámetro hidráulico,  $D_h$ :

Es la relación entre la superficie transversal del flujo y el perímetro de la superficie del conducto.

## **APÉNDICE B**

### **Dimensionado de los órganos de la instalación**

## Índice

### Capítulo 1.

1.	Dimensionado de los órganos de la instalación	77
1.1	Diámetro del tubo de impulsión y dimensiones principales	77

### Capítulo 2.

2.	Pieza de transformación	78
----	-------------------------	----

### Capítulo 3.

3.	Conducto para la medida de presión	79
3.1.	Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal	79
3.2.	Pieza enderezador de caudal	80
3.3.	Pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico	81
3.4.	Punto piezométrico	81
3.4.1.	Dimensionado de las tomas de presión	81
3.5.	Pieza de unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo	82

### Capítulo 4.

4.	Cámara de ensayo	83
4.1.	Dimensionado de las tomas de presión	84
4.2.	Cierre de la cámara de ensayo	85
4.2.1.	Tapa de impulsión	85
4.2.2.	Tapa aspiración	85

### Capítulo 5.

5.	Método de unión de las piezas de la instalación	86
5.1.	Bridas circulares	87



## **1. Dimensionado de los órganos de la instalación**

El dimensionado de los elementos que componen la instalación de ventiladores industriales sigue la normativa UNE-EN ISO 5801. Esta normativa tiene por objeto describir los dispositivos e instalaciones que pueden emplearse para efectuar los ensayos de los ventiladores.

La instalación con tubo de Pitot y cámara de entrada (Fig.1) encontramos los siguientes elementos a dimensionar según avanza el flujo:

- Pieza de transformación
- Conducto para medida de presión
- Cámara de ensayo

### **1.1 Diámetro del tubo de impulsión y dimensiones principales**

Los conductos en los que se encuentren las estaciones de medidas serán rectos y tendrán una sección circular uniforme para el presente proyecto se ha seleccionado la siguiente sección circular debido a las limitaciones de espacio que tiene el cliente:

$$D_3 = 1000mm$$

En la **Figure 4**: El tubo de impulsión es el correspondiente a la cota  $D_3$ .

La cota  $D_3$  de las instalaciones de ensayo corresponde al diámetro interior de una sección circular del conducto. Por tanto, con este dato quedarán definidas las distintas piezas de las que está compuesta el tubo de impulsión.

Los conductos con tubos Pitot con estaciones transversales tendrá una longitud, al menos, 10 diámetros, estando los planos transversales situados entre 8,5 y 8,75 diámetros del extremo situado corriente arriba del Pitot. Estos conductos pueden utilizarse tanto como conductos de entrada como de salida así como para proveer una estación de medida.

## 2. Pieza de transformación

Se trata de una pieza que va unida al ventilador auxiliar de la instalación de ensayo y el tubo de impulsión.

Sus dimensiones quedan definidas según el punto 28.2.2 de la normativa UNE-EN ISO 5801:

$$0,95 < \left( \frac{D_3}{D_{VentAux}} \right)^2 < 1,07 \quad (49)$$

$$D_3 = L_{PiezaTrans} \quad (50)$$

Por tanto la pieza queda definida como:

$D_3$	1000 mm
$L_{PiezaTransf}$	1000 mm

Según la ecuación (49) el diámetro del ventilador auxiliar debe de ser de:

$D_{VentAux}$	970 mm
---------------	--------

### 3. Conducto para la medida de presión

Se trata de un tubo compuesto por la unión de distintas piezas en la que el fluido que fluye por su interior es empujado en el origen mediante un ventilador auxiliar.

Este tubo está compuesto por las siguientes piezas:

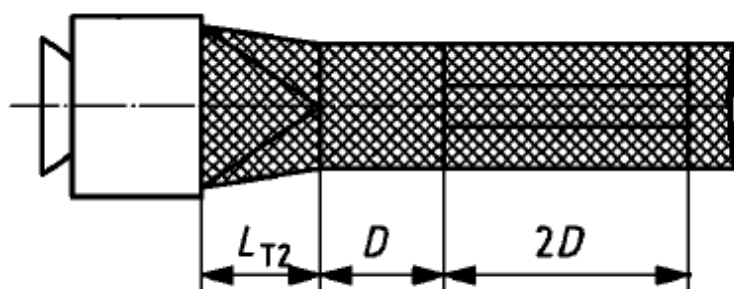
1. Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal
2. Pieza enderezador de caudal
3. Pieza unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico
4. Punto piezométrico
5. Pieza unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo

Distancias características del conducto para la medida de presión al punto piezométrico según la normativa UNE-EN ISO 5801:

	$L_{Total} \text{ (mm)}$	10000
Distancia punto piezométrico	$L_{Maxima} \text{ (mm)}$	8500
Distancia salida enderezador y punto piezométrico	$L_{Maxima} \text{ (mm)}$	5000

#### 3.1. Pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal

El dimensionamiento de la pieza de unión de la pieza de transformación con enderezador de caudal se hace de acuerdo con el punto 28.2 de la normativa UNE-EN ISO 5801:



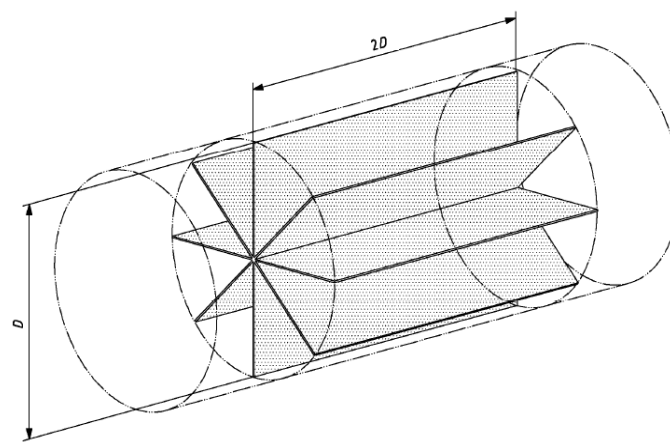
**Figure 26** Parte principal del conducto de impulsión

Por tanto la pieza definida como:

$D_{PiezaUnion}$	1000 mm
$L_{PiezaUnion}$	1000 mm

### 3.2. Pieza enderezador de caudal

El dimensionamiento de la pieza enderezador del caudal se hace de acuerdo con el punto 27.1.2 de la normativa UNE-EN ISO 5801:



**Figure 27** Enderezador de caudal

Las ocho chapas radiales debería ser del espesor adecuado para proporcionar rigidez suficiente pero deben de cumplir la siguiente restricción del espesor de la chapa por motivos de pérdida de carga.

$$e \leq 0,007D_{Enderezador} \quad (51)$$

Por tanto la pieza definida como:

$D_{Enderezador}$	1000 mm
$L_{Enderezador}$	2000 mm
$e_{Enderezador}$	5 mm

**3.3. Pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico**

El dimensionado de la pieza de unión del enderezador de caudal con el punto piezométrico se hace de acuerdo con las distancias fijas que debe de haber entre la entrada del conducto de medida de presión con el punto piezométrico.

Por tanto, desde la salida del enderezador de caudal hasta el plano de medición de presiones tienen que haber 5 metros. La pieza queda definida como:

$D_{UnEndePiez}$	1000 mm
$L_{UnEndePiez}$	4500 mm

**3.4. Punto piezométrico**

El dimensionado del punto piezométrico se hace de acuerdo con la normativa UNE-EN ISO 5801.

La pieza queda definida como:

$D_{Piezometrico}$	1000 mm
$L_{Piezometrico}$	1000 mm

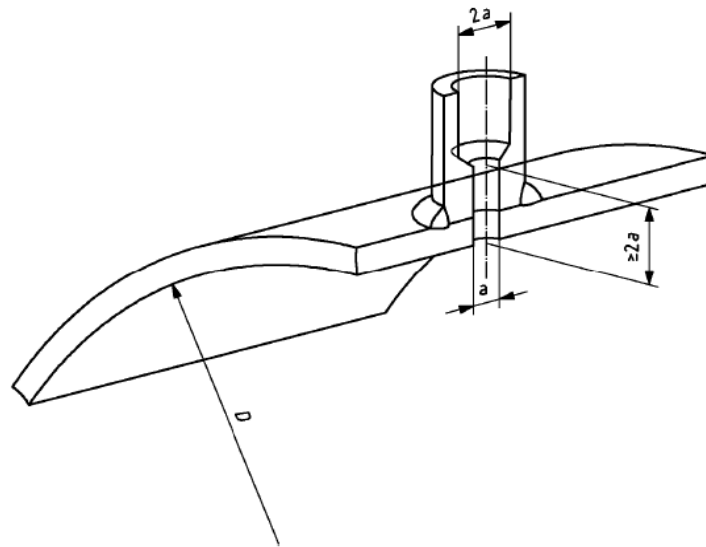
**3.4.1. Dimensionado de las tomas de presión**

El dimensionado de las tomas de presión se hace de acuerdo con el punto 7.3 de la normativa UNE-EN ISO 5801.

Cada toma tiene la forma de un taladro a través de la pared del circuito de acuerdo con los límites dimensionales que se muestran en la **Figure 28** del presente apartado. Es fundamental que el taladro este cuidadosamente hecho y perpendicular a la superficie interior del circuito, y que todas las rebabas internas sean eliminadas.

El diámetro del taladro,  $a$ , no será menor de 1,5 mm y no mas grande de 5 mm. En nuestro caso coincide con el espesor del tubo.

$$a = 5mm$$



**Figure 28** Construcción de las tomas de presión en pared del punto piezométrico

### 3.5. Pieza de unión del punto piezométrico con la tapadera de la cámara de ensayo

Puede emplearse un conducto adicional de cualquier tamaño para conectar la salida del conducto de presión con la cámara de entrada, su dimensionado se hace acuerdo con la normativa UNE-EN ISO 5801.

Su longitud es la diferencia con la longitud máxima que debe de tener el conducto de toma de presión (10 metros) con los elementos que dimensionados.

La pieza queda definida como:

$D_{UnionPiezometricoCamara}$	1000 mm
$L_{UnionPiezometricoCamara}$	1000 mm

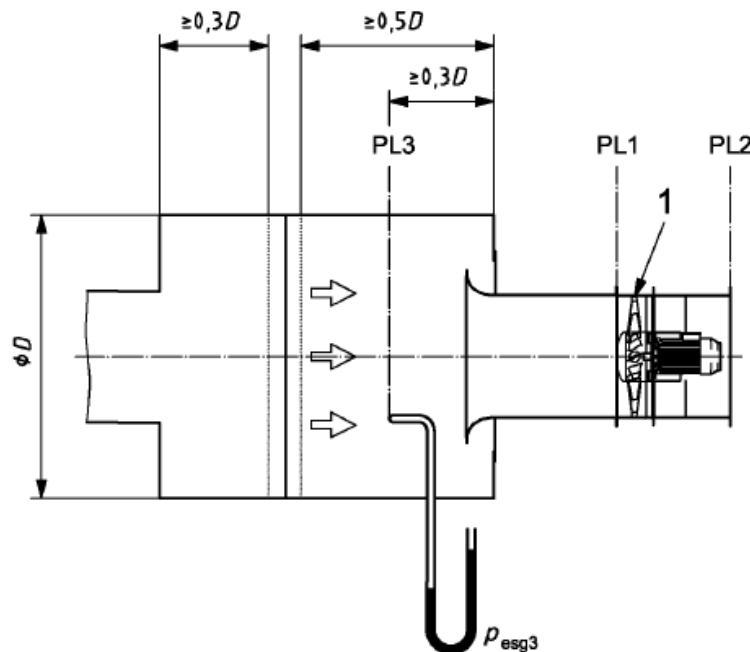
#### 4. Cámara de ensayo

Se trata de una cámara que proporciona una estación de medida y simula las condiciones que se espera que el ventilador se encuentre en servicio. La cámara de ensayo del presente proyecto se clasifica como una cámara de aspiración de tipo 3.

El dimensionado de la cámara de ensayo está en función del diámetro del ventilador de ensayo de acuerdo con el punto 29.3.1 de la normativa UNE-EN ISO 5801:

$$A_{CamaraEnsayo} > 5A_{VentiladorEnsayo} \quad (52)$$

$$D_{CamaraEnsayo} > 2,25D_{VentiladorEnsayo} \quad (53)$$



**Figure 29** Cámara de ensayo de aspiración

Las cámaras de ensayo de aspiración debe de tener una sección transversal mayor que cinco veces la garganta de aspiración del ventilador. Por tanto, para la cámara de ensayo tomaremos:

$$D_{CamaraEnsayo} = \frac{7}{3} D_{VentiladorEnsayo} \quad (54)$$

La gama de ventiladores que se deben ensayar con este ventilador tiene un diámetro máximo de 1200mm.

Por tanto, la pieza queda definida como:

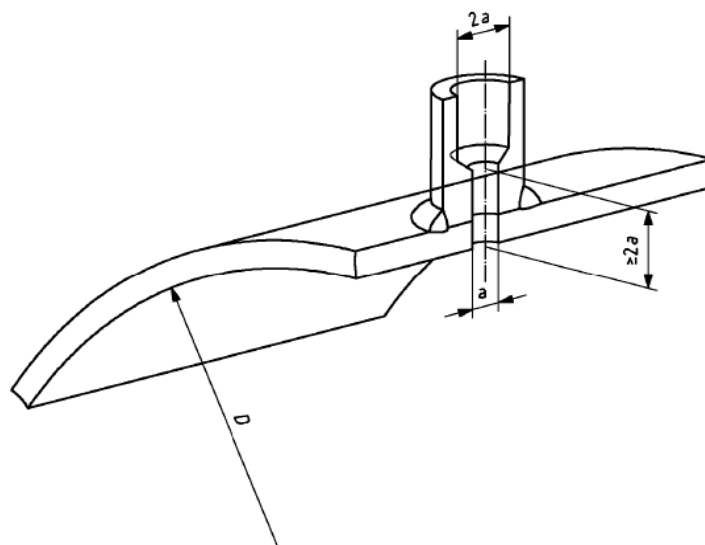
$D_{VentiladorEnsayo}$	1200 mm
$D_{CamaraEnsayo}$	2800 mm
$L_{CamaraEnsayo}$	2800 mm

#### 4.1. Dimensionado de las tomas de presión

El dimensionado de las tomas de presión se hace de acuerdo con el punto 7.3 de la normativa UNE-EN ISO 5801.

$$a = 5mm$$

Cada toma tiene la forma de un taladro a través de la pared del circuito de acuerdo con los límites dimensionales que se muestran en la **Figure 30** del presente apartado. Es fundamental que el taladro este cuidadosamente hecho y perpendicular a la superficie interior del circuito, y que todas las rebabas internas sean eliminadas. El diámetro del , a, no será menor de 1,5 mm y no mas grande de 5 mm. En nuestro caso coincide con el espesor del tubo.



**Figure 30** Dimensionado tomas de presión en la cámara de ensayo



#### **4.2. Cierre de la cámara de ensayo**

El cierre de la cámara de ensayo se realiza mediante unas tapaderas especiales, porque la cámara de aspiración estará trabajando a presiones inferiores a la ambiente.

Cada una de las tapas va unida a la cámara de ensayo mediante una junta tórica para poder limpiar el uniformizador de flujo.

##### **4.2.1. Tapa de impulsión**

Se trata de una pieza de 50mm de longitud.

Diámetro exterior	2820mm
Diámetro interior	2810mm
Espesor	5mm

A esta pieza se le suelda placa circular de diámetro 2820mm con un orificio de 1000mm.

Consta de 8 taladros roscados de métrica 12 en un diámetro de 1048mm.

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se mecaniza una ranura en la capa exterior de la tapa con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm en un diámetro de 1016 mm.

En la capa interior, se mecaniza el mismo tipo de ranura pero en un diámetro de 2805mm.

Ambas ranuras son realizadas para albergar en su interior una junta tórica.

##### **4.2.2. Tapa aspiración**

Se trata de una pieza de 50mm de longitud.

Diámetro exterior	2820mm
Diámetro interior	2810mm
Espesor	5mm

A esta pieza se le suelda placa circular de diámetro 2820mm con un orificio interior de 1200mm. Consta de 8 taladros roscados de métrica 12 en un diámetro de 1248mm.

Para evitar posibles fugas del fluido de ensayo se mecaniza una ranura en la capa exterior de la tapa con una profundidad de 1.5mm y un espesor de 2 mm en un diámetro de 1216 mm.

Ambas ranuras son realizadas para albergar en su interior una junta tórica.

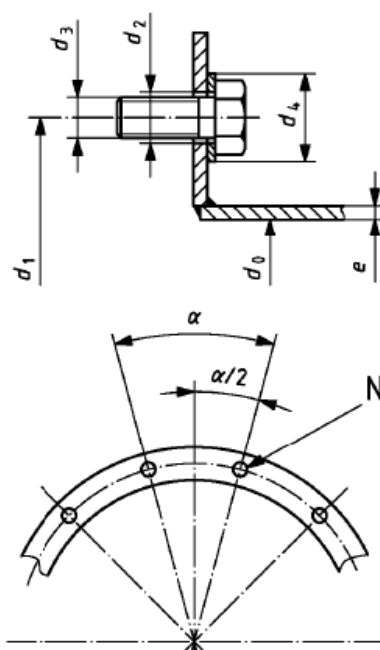
## 5. Método de unión de las piezas de la instalación

El método de unión de las distintas piezas que componen la instalación de ventiladores industriales sigue la normativa UNE-EN ISO 13351.

Esta norma internacional da detalles de bridas circulares así como la especificación del tamaño del ventilador. Para las bridas circulares, se mantienen los valores especificados en la Norma ISO 6580 para ventiladores de servicio ligero.

En toda esta norma internacional, las dimensiones principales se basan en valores redondeados de los números "preferentes" indicados en la Norma ISO 497.

El número de taladros y el diámetro de estos está normalizado. El espesor de la brida así como sus diámetros externo e interno pueden elegirse libremente dentro de los límites de la buena práctica de la ingeniería.



**Figure 31** Dimensiones  
bridas circulares

### 5.1. Bridas circulares

El número de taladros de la brida es divisible entre cuatro, para permitir la orientación de los ventiladores de carcasa cilíndrica en posiciones a 90 grados. Los taladros se colocan de forma simétrica respecto a los ejes centrales del ventilador. Esto permite dividir la brida por la mitad, si se requiere una carcasa partida. Esto también permite un mejor acceso a los dispositivos de fijación del lado opuesto de un ventilador en un espacio reducido.

Sabiendo que los conductos en los que se encuentren las estaciones de medidas serán rectos y tendrán una sección circular uniforme para el presente proyecto se ha seleccionado la siguiente sección circular cuya justificación está en la página 77 del presente documento:

$$D_3 = 1000 \text{ mm}$$

Las dimensiones principales de las bridas circulares vienen recogidas en la **Figure 32** donde se muestran los valores de los parámetros básicos del cálculo de la brida entrando en la tabla con la siguiente referencia:

$$d_0 = D_3 = 1000 \text{ mm}$$

$d_0$	$d_1$	$\frac{d_1 - d_0}{2}$	$N$	$\alpha$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$e_{\text{máx.}}$
500	560	30	12	30	12	M10	21	3,5
560	620	30	12	30	12	M10	21	3,5
630	690	30	12	30	12	M10	21	5
710	770	30	16	22,5	12	M10	21	5
800	860	30	16	22,5	12	M10	21	5
900	970	35	16	22,5	15	M12	24	6
1 000	1 070	35	16	22,5	15	M12	24	6
1 120	1 190	35	20	18	15	M12	24	6
1 250	1 320	35	20	18	15	M12	24	6
1 400	1 470	35	20	18	15	M12	24	6
1 600	1 680	40	24	15	19	M16	30	8
1 800	1 880	40	24	15	19	M16	30	8
2 000	2 080	40	24	15	19	M16	30	8

**Figure 32** Dimensiones principales del cálculo de bridas circulares

*Diseño de un banco de ventiladores*

Donde cada parámetro para definir las dimensiones principales de la brida:

- $d_1$     diámetro del círculo de los ejes de los
- $d_2$     diámetro del taladro, en milímetros
- $d_3$     diámetro del perno, en milímetros
- $d_4$     diámetro de la arandela, en milímetro
- $e$     espesor de la carcasa, en milímetros
- $N$     número de taladros
- $\alpha$     ángulo entre los taladros del perno

De la **Figure 32** se obtiene para las bridas de la instalación los valores:

$d_0(mm)$	1000	$\alpha$	22,5
$d_1(mm)$	1070	$d_2$	15
$\frac{d_1 - d_0}{2} (mm)$	35	$d_3$	M12
$N$	16	$d_4$	24
	$e_{max}(mm)$	6	

La unión de las piezas se realiza mediante tornillería totalmente roscada:

16XM12x30-8.8

# **APÉNDICE C**

## **Planos**

## **Índice**

Plano nº 1	Pieza de transformación	91
Plano nº 2	Pieza unión: Pieza de transformación con enderezador de caudal	92
Plano nº 3	Enderezador de caudal	93
Plano nº 4	Pieza unión: Enderezador de caudal con punto piezométrico	94
Plano nº 5	Punto piezométrico	95
Plano nº 6	Pieza unión: Punto piezométrico con cámara de ensayo	96
Plano nº 7	Tapa de impulsión de la camara de ensayo	97
Plano nº 8	Tubo cámara de ensayo	98
Plano nº 9	Tapa de aspiración de la camara de ensayo	99

Plano nº 1      Pieza de transformación

Plano nº 2      Pieza unión: Pieza de transformación con enderezador de caudal



Plano nº 3      Enderezador de caudal

Plano nº 4      Pieza unión: Enderezador de caudal con punto piezométrico

Plano nº 5      Punto piezométrico

Plano nº 6      Pieza unión: Punto piezométrico con cámara de ensayo

Plano nº 7      Tapa de impulsión de la camara de ensayo

Plano nº 8      Tubo cámara de ensayo

Plano nº 9      Tapa de aspiración de la camara de ensayo

## **APÉNDICE D**

### **Puntos de ensayo de ventiladores industriales**



## Diseño de un banco de ventiladores

## 1. Puntos de ensayo para la gama de ventiladores del fabricante

Para completar el cálculo energético de la instalación es necesario suministrar un valor característico para el salto de presión que está produciéndose en el ventilador ensayado. Dada la amplitud de la gama de modelos fabricados por el cliente hemos optado por utilizar un único valor para cada modelo de ventilador, el valor característico seleccionado se corresponde con el punto de rendimiento máximo de cada ventilador.

Con estos datos hemos generado una nube de puntos que permite obtener el salto de presiones requerido en el ventilador auxiliar. Hemos encontrado un grupo importante de modelos que requerían saltos de presión de presión negativos en el ventilador auxiliar. Estos saltos de presión negativos nos indican no es necesario activar el ventilador auxiliar y basta con regular obturadores de paso para alcanzar la pérdida de carga necesaria.

Los valores que se muestran en las tablas siguientes corresponden a todos los puntos de funcionamiento en los que se requiere un salto de presión positivo en el ventilador auxiliar. Son estos puntos los que nos permiten caracterizar el comportamiento exigible a este sistema de impulsión auxiliar.

*DTS: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia delante*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	$\Delta P$ (pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	$\Delta P_{Aux}$ (pa)
DTS-18/18	23500,00	842,55	1176,33	0,82	8,31	101325,00	101345,65	100482,45	100503,10	100503,93	101680,00	101749,70	424,70

*DTC: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura cúbica de gran rigidez para reforzar la envolvente*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	$\Delta P$ (pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	$\Delta P_{Aux}$ (pa)
DTC-18/18	26000,00	1038,46	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	100286,54	100311,82	100312,81	101752,27	101837,45	512,45

## Diseño de un banco de ventiladores

*DTR: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTR-18/18	26000,00	1038,46	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	100286,54	100311,82	100312,81	101752,27	101837,45	512,45
DTR-20/20	28000,00	1414,29	1669,66	1,13	9,90	101325,00	101354,32	99910,71	99940,04	99941,17	101610,47	101709,16	384,16
DTR-22/22	34000,00	1588,24	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	99736,76	99780,00	99781,61	102242,49	102387,71	1062,71
DTR-25/25	46000,00	1173,91	4504,14	2,80	16,27	101325,00	101404,14	100151,09	100230,23	100233,03	104736,19	105001,49	3676,49
DTR-30/28	60000,00	1110,00	7661,07	4,55	21,22	101325,00	101459,64	100215,00	100349,64	100354,20	108013,61	108464,54	7139,54

*DT: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia delante*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DT-22/22-2	14000,00	385,71	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	100939,29	100946,62	100946,94	101364,58	101389,72	64,72
DT-22/22-4	17000,00	635,29	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	100689,71	100700,51	100700,97	101316,65	101353,42	28,42
DT-22/22-5,5	19000,00	757,89	769,13	0,56	6,72	101325,00	101338,50	100567,11	100580,61	100581,17	101350,13	101395,91	70,91
DT-22/22-7,5	21500,00	920,93	984,72	0,70	7,60	101325,00	101342,29	100404,07	100421,36	100422,06	101406,56	101465,00	140,00
DT-22/22-15	27000,00	1466,67	1552,59	1,06	9,55	101325,00	101352,27	99858,33	99885,60	99886,66	101438,91	101530,72	205,72
DT-25/25-3	17000,00	465,88	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	100859,12	100869,93	100870,39	101486,06	101522,83	197,83
DT-25/25-4	20500,00	526,83	895,29	0,64	7,25	101325,00	101340,72	100798,17	100813,89	100814,53	101709,63	101762,82	437,82
DT-25/25-5,5	22000,00	654,55	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100670,45	100688,56	100689,29	101720,09	101781,25	456,25
DT-25/25-7,5	24500,00	808,16	1278,51	0,89	8,67	101325,00	101347,45	100516,84	100539,29	100540,18	101818,41	101894,12	569,12
DT-25/25-10	28000,00	964,29	1669,66	1,13	9,90	101325,00	101354,32	100360,71	100390,04	100391,17	102060,47	102159,16	834,16
DT-25/25-15	32000,00	1237,50	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	100087,50	100125,80	100127,24	102307,25	102435,96	1110,96
DT-30/28-3	20000,00	396,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	100929,00	100943,96	100944,58	101796,57	101847,22	522,22
DT-30/28-4	22000,00	490,91	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100834,09	100852,19	100852,92	101883,73	101944,89	619,89
DT-30/28-5,5	25000,00	576,00	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	100749,00	100772,38	100773,30	102104,21	102183,01	858,01
DT-30/28-7,5	31500,00	628,57	2112,91	1,40	11,14	101325,00	101362,11	100696,43	100733,54	100734,94	102847,39	102972,13	1647,13
DT-30/28-10	36000,00	750,00	2759,34	1,79	12,73	101325,00	101373,47	100575,00	100623,47	100625,26	103384,01	103546,74	2221,74
DT-30/28-15	42000,00	942,86	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100382,14	100448,12	100450,49	104204,87	104426,15	3101,15

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DT-30/28-20	48000,00	1125,00	4904,12	3,03	16,98	101325,00	101411,17	100200,00	100286,17	100289,20	105192,25	105481,07	4156,07

CADT/AL: Unidades de ventilación a transmisión con perfilera de aluminio, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie DTS, DTC y DTR

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CADT CADT/AL 22/22-2	14000,00	385,71	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	100939,29	100946,62	100946,94	101364,58	101389,72	64,72
CADT CADT/AL 22/22-4	17000,00	635,29	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	100689,71	100700,51	100700,97	101316,65	101353,42	28,42
CADT CADT/AL 22/22-5,5	19000,00	757,89	769,13	0,56	6,72	101325,00	101338,50	100567,11	100580,61	100581,17	101350,13	101395,91	70,91
CADT CADT/AL 22/22-7,5	21500,00	920,93	984,72	0,70	7,60	101325,00	101342,29	100404,07	100421,36	100422,06	101406,56	101465,00	140,00
CADT CADT/AL 22/22-15	27000,00	1466,67	1552,59	1,06	9,55	101325,00	101352,27	99858,33	99885,60	99886,66	101438,91	101530,72	205,72
CADT CADT/AL 25/25-3	17000,00	465,88	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	100859,12	100869,93	100870,39	101486,06	101522,83	197,83
CADT CADT/AL 25/25-4	20500,00	526,83	895,29	0,64	7,25	101325,00	101340,72	100798,17	100813,89	100814,53	101709,63	101762,82	437,82
CADT CADT/AL 25/25-5,5	22000,00	654,55	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100670,45	100688,56	100689,29	101720,09	101781,25	456,25
CADT CADT/AL 25/25-7,5	24500,00	808,16	1278,51	0,89	8,67	101325,00	101347,45	100516,84	100539,29	100540,18	101818,41	101894,12	569,12
CADT CADT/AL 25/25-10	28000,00	964,29	1669,66	1,13	9,90	101325,00	101354,32	100360,71	100390,04	100391,17	102060,47	102159,16	834,16
CADT CADT/AL 25/25-15	32000,00	1237,50	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	100087,50	100125,80	100127,24	102307,25	102435,96	1110,96
CADT CADT/AL 30/28-3	20000,00	396,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	100929,00	100943,96	100944,58	101796,57	101847,22	522,22
CADT CADT/AL 30/28-4	22000,00	490,91	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100834,09	100852,19	100852,92	101883,73	101944,89	619,89
CADT CADT/AL 30/28-5,5	25000,00	576,00	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	100749,00	100772,38	100773,30	102104,21	102183,01	858,01
CADT CADT/AL 30/28-7,5	31500,00	628,57	2112,91	1,40	11,14	101325,00	101362,11	100696,43	100733,54	100734,94	102847,39	102972,13	1647,13
CADT CADT/AL 30/28-10	36000,00	750,00	2759,34	1,79	12,73	101325,00	101373,47	100575,00	100623,47	100625,26	103384,01	103546,74	2221,74
CADT CADT/AL 30/28-15	42000,00	942,86	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100382,14	100448,12	100450,49	104204,87	104426,15	3101,15
CADT CADT/AL 30/28-20	48000,00	1125,00	4904,12	3,03	16,98	101325,00	101411,17	100200,00	100286,17	100289,20	105192,25	105481,07	4156,07

DTS2: Ventiladores centrífugos duplex de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia delante

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTS2-12/12	19000,00	568,42	769,13	0,56	6,72	101325,00	101338,50	100756,58	100770,08	100770,64	101539,61	101585,38	260,38

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTS2-15/15	28800,00	500,00	1766,38	1,19	10,19	101325,00	101356,02	100825,00	100856,02	100857,21	102623,21	102727,59	1402,59
DTS2-18/18	47000,00	421,28	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	100903,72	100986,34	100989,25	105690,24	105967,17	4642,17

*DTC2: Ventiladores centrifugos duplex de doble aspiración a transmisión, con estructura cúbica de gran rigidez para reforzar la envolvente*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTC2-12/12	21000,00	685,71	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	100639,29	100655,78	100656,45	101595,72	101651,50	326,50
DTC2-15/15	32000,00	618,75	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	100706,25	100744,55	100745,99	102926,00	103054,71	1729,71
DTC2-18/18	52000,00	519,23	5755,09	3,50	18,39	101325,00	101426,13	100805,77	100906,90	100910,41	106664,24	107003,10	5678,10

*DTR2: Ventiladores centrifugos duplex de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTR2-15/15	32000,00	1237,50	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	100087,50	100125,80	100127,24	102307,25	102435,96	1110,96
DTR2-18/18	52000,00	1038,46	5755,09	3,50	18,39	101325,00	101426,13	100286,54	100387,67	100391,17	106145,01	106483,87	5158,87
DTR2-20/20	56000,00	1414,29	6674,07	4,01	19,81	101325,00	101442,29	99910,71	100028,00	100032,02	106704,64	107097,54	5772,54
DTR2-22/22	68000,00	1588,24	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	99736,76	99909,71	99915,44	109752,40	110331,42	9006,42
DTR2-25/25	92000,00	1173,91	18005,15	9,99	32,54	101325,00	101641,56	100151,09	100467,65	100477,64	118478,88	119538,24	18213,24
DTR2-30/28	120000,00	1110,00	30625,67	16,31	42,44	101325,00	101863,57	100215,00	100753,57	100769,88	131388,91	133190,79	31865,79

*DTR3: Ventiladores centrifugos triplex de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTR3-12/12	28500,00	1389,47	1729,79	1,17	10,08	101325,00	101355,38	99935,53	99965,91	99967,08	101696,49	101798,71	473,71
DTR3-15/15	48000,00	1387,50	4904,12	3,03	16,98	101325,00	101411,17	99937,50	100023,67	100026,70	104929,75	105218,57	3893,57
DTR3-18/18	78000,00	1384,62	12944,14	7,37	27,59	101325,00	101552,55	99940,38	100167,93	100175,30	113116,63	113878,28	12553,28
DTR3-20/20	84000,00	1585,71	15011,15	8,45	29,71	101325,00	101588,90	99739,29	100003,19	100011,63	115019,53	115902,77	14577,77
DTR3-22/22	102000,00	1588,24	22130,07	12,08	36,08	101325,00	101714,12	99736,76	100125,88	100137,97	122263,24	123565,27	22240,27
DTR3-25/25	138000,00	1434,78	40497,79	21,13	48,81	101325,00	102037,26	99890,22	100602,48	100623,61	141112,61	143495,40	42170,40

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTR3-30/28	180000,00	1100,00	68885,23	34,58	63,66	101325,00	102536,79	100225,00	101436,79	101471,37	170341,64	174395,11	73070,11

*DT-RE: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia atrás*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DT-RE-500	27200,00	1455,88	1575,66	1,08	9,62	101325,00	101352,67	99869,12	99896,79	99897,86	101473,18	101566,35	241,35
DT-RE-560	34710,00	1555,75	2565,23	1,68	12,28	101325,00	101370,06	99769,25	99814,31	99815,99	102380,66	102531,98	1206,98
DT-RE-630	47000,00	1685,11	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	99639,89	99722,51	99725,42	104426,41	104703,34	3378,34
DT-RE-710	53750,00	1473,49	6148,77	3,72	19,01	101325,00	101433,05	99851,51	99959,57	99963,29	106110,73	106472,74	5147,74

*DTT-RE: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia atrás.*

*CADT-RE: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia atrás, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie DT-RE, sobre amortiguadores de goma*

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTT-RE CADT-RE 500-1,5	12460,00	317,82	330,93	0,26	4,41	101325,00	101330,81	101007,18	101012,99	101013,25	101344,11	101364,15	39,15
DTT-RE CADT-RE 500-2	13815,00	390,88	406,77	0,32	4,89	101325,00	101332,14	100934,12	100941,26	100941,57	101348,26	101372,75	47,75
DTT-RE CADT-RE 500-3	15700,00	504,46	525,27	0,40	5,55	101325,00	101334,22	100820,54	100829,76	100830,16	101355,32	101386,77	61,77
DTT-RE CADT-RE 500-4	17650,00	611,90	663,77	0,49	6,24	101325,00	101336,65	100713,10	100724,75	100725,24	101388,87	101428,46	103,46
DTT-RE CADT-RE 500-5,5	19430,00	741,12	804,32	0,58	6,87	101325,00	101339,12	100583,88	100598,00	100598,58	101402,73	101450,57	125,57
DTT-RE CADT-RE 500-7,5	21600,00	916,67	993,89	0,71	7,64	101325,00	101342,45	100408,33	100425,78	100426,49	101420,17	101479,15	154,15
DTT-RE CADT-RE 500-10	23950,00	1127,35	1221,78	0,85	8,47	101325,00	101346,45	100197,65	100219,10	100219,96	101441,48	101513,85	188,85
DTT-RE CADT-RE 500-15	27220,00	1454,81	1577,98	1,08	9,63	101325,00	101352,71	99870,19	99897,90	99898,98	101476,61	101569,91	244,91
DTT-RE CADT-RE 560-2	15620,00	345,71	519,94	0,39	5,52	101325,00	101334,13	100979,29	100988,41	100988,81	101508,63	101539,77	214,77
DTT-RE CADT-RE 560-3	17830,00	444,20	677,37	0,50	6,31	101325,00	101336,89	100880,80	100892,69	100893,20	101570,42	101610,81	285,81
DTT-RE CADT-RE 560-4	20380,00	529,93	884,85	0,64	7,21	101325,00	101340,53	100795,07	100810,60	100811,24	101695,89	101748,47	423,47
DTT-RE CADT-RE 560-5,5	22170,00	649,53	1047,01	0,74	7,84	101325,00	101343,38	100675,47	100693,86	100694,60	101741,38	101803,48	478,48
DTT-RE CADT-RE 560-7,5	24940,00	793,91	1324,82	0,92	8,82	101325,00	101348,26	100531,09	100554,36	100555,28	101879,81	101958,24	633,24
DTT-RE CADT-RE 560-10	27658,00	976,21	1629,14	1,11	9,78	101325,00	101353,61	100348,79	100377,40	100378,51	102007,30	102103,61	778,61

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DTT-RE CADT-RE 560-15	31050,00	1275,36	2053,00	1,37	10,98	101325,00	101361,06	100049,64	100085,70	100087,06	102139,62	102260,84	935,84
DTT-RE CADT-RE 560-20	34710,00	1555,75	2565,23	1,68	12,28	101325,00	101370,06	99769,25	99814,31	99815,99	102380,66	102531,98	1206,98
DTT-RE CADT-RE 630-3	21210,00	373,41	958,34	0,68	7,50	101325,00	101341,83	100951,59	100968,42	100969,10	101927,24	101984,13	659,13
DTT-RE CADT-RE 630-4	23860,00	452,64	1212,62	0,85	8,44	101325,00	101346,29	100872,36	100893,65	100894,50	102106,86	102178,69	853,69
DTT-RE CADT-RE 630-5,5	26260,00	548,36	1468,69	1,01	9,29	101325,00	101350,79	100776,64	100802,43	100803,44	102271,81	102358,69	1033,69
DTT-RE CADT-RE 630-7,5	29200,00	678,08	1815,76	1,22	10,33	101325,00	101356,89	100646,92	100678,81	100680,03	102495,40	102602,67	1277,67
DTT-RE CADT-RE 630-10	32385,00	833,72	2233,24	1,48	11,45	101325,00	101364,23	100491,28	100530,51	100531,98	102764,74	102896,55	1571,55
DTT-RE CADT-RE 630-15	36800,00	1076,09	2883,28	1,86	13,02	101325,00	101375,65	100248,91	100299,56	100301,43	103184,08	103354,10	2029,10
DTT-RE CADT-RE 630-20	41415,00	1303,88	3651,37	2,31	14,65	101325,00	101389,15	100021,12	100085,27	100087,59	103738,16	103953,33	2628,33
DTT-RE CADT-RE 630-25	44410,00	1499,66	4198,29	2,63	15,71	101325,00	101398,76	99825,34	99899,10	99901,73	104099,11	104346,43	3021,43
DTT-RE CADT-RE 630-30	47050,00	1683,32	4712,01	2,92	16,64	101325,00	101407,79	99641,68	99724,48	99727,40	104438,38	104715,91	3390,91
DTT-RE CADT-RE 710-3	23200,00	341,38	1146,50	0,81	8,21	101325,00	101345,13	100983,62	101003,75	101004,56	102150,81	102218,76	893,76
DTT-RE CADT-RE 710-4	26200,00	412,21	1461,99	1,00	9,27	101325,00	101350,67	100912,79	100938,46	100939,46	102401,14	102487,62	1162,62
DTT-RE CADT-RE 710-5,5	29200,00	493,15	1815,76	1,22	10,33	101325,00	101356,89	100831,85	100863,74	100864,96	102680,33	102787,60	1462,60
DTT-RE CADT-RE 710-7,5	32200,00	614,91	2207,81	1,46	11,39	101325,00	101363,78	100710,09	100748,87	100750,33	102957,66	103087,98	1762,98
DTT-RE CADT-RE 710-10	35600,00	758,43	2698,39	1,75	12,59	101325,00	101372,40	100566,57	100613,97	100615,73	103313,54	103472,69	2147,69
DTT-RE CADT-RE 710-15	40600,00	975,37	3509,14	2,23	14,36	101325,00	101386,65	100349,63	100411,28	100413,51	103921,89	104128,70	2803,70
DTT-RE CADT-RE 710-20	45600,00	1184,21	4426,18	2,76	16,13	101325,00	101402,77	100140,79	100218,56	100221,32	104646,54	104907,26	3582,26
DTT-RE CADT-RE 710-25	49000,00	1359,18	5110,48	3,14	17,33	101325,00	101414,80	99965,82	100055,62	100058,76	105168,13	105469,09	4144,09
DTT-RE CADT-RE 710-30	52000,00	1523,08	5755,09	3,50	18,39	101325,00	101426,13	99801,92	99903,06	99906,56	105660,40	105999,25	4674,25

ST-RE: Ventiladores centrifugos de simple aspiración a transmisión, con salida de eje y turbina con álabes hacia atrás

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
ST-RE-710	25920,00	1277,78	1430,93	0,99	9,17	101325,00	101350,13	100047,22	100072,35	100073,34	101503,95	101588,61	263,61
ST-RE-800	40000,00	1980,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	99345,00	99404,84	99407,01	102812,51	103013,27	1688,27
ST-RE-900	51000,00	2117,65	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	99207,35	99304,63	99308,01	104842,78	105168,75	3843,75

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
ST-RE-1000	64000,00	2081,25	8716,08	5,13	22,64	101325,00	101478,19	99243,75	99396,94	99402,07	108116,26	108629,24	7304,24

STT-RE: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia atrás

CAST-RE: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia atrás aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie

ST-RE, sobre amortiguadores de goma

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
STT-RE CAST-RE 710-4	17280,00	625,00	636,25	0,47	6,11	101325,00	101336,17	100700,00	100711,17	100711,64	101347,75	101385,72	60,72
STT-RE CAST-RE 710-5,5	19080,00	754,72	775,62	0,57	6,75	101325,00	101338,62	100570,28	100583,90	100584,46	101359,91	101406,07	81,07
STT-RE CAST-RE 710-7,5	20880,00	948,28	928,77	0,67	7,38	101325,00	101341,31	100376,72	100393,03	100393,70	101322,27	101377,42	52,42
STT-RE CAST-RE 710-10	23760,00	1136,36	1202,49	0,84	8,40	101325,00	101346,11	100188,64	100209,75	100210,59	101412,82	101484,05	159,05
STT-RE CAST-RE 710-12,5	25920,00	1277,78	1430,93	0,99	9,17	101325,00	101350,13	100047,22	100072,35	100073,34	101503,95	101588,61	263,61
STT-RE 800-4	20800,00	519,23	921,67	0,66	7,36	101325,00	101341,18	100805,77	100821,95	100822,61	101744,08	101798,82	473,82
STT-RE 800-5,5	22680,00	634,92	1095,71	0,77	8,02	101325,00	101344,24	100690,08	100709,32	100710,09	101805,56	101870,53	545,53
STT-RE 800-7,5	25100,00	788,84	1341,87	0,93	8,88	101325,00	101348,56	100536,16	100559,72	100560,65	101902,22	101981,65	656,65
STT-RE 800-10	27720,00	974,03	1636,45	1,11	9,80	101325,00	101353,74	100350,97	100379,71	100380,83	102016,92	102113,66	788,66
STT-RE 800-12,5	30000,00	1104,00	1916,56	1,28	10,61	101325,00	101358,66	100221,00	100254,66	100255,95	102172,09	102285,29	960,29
STT-RE 800-15	32040,00	1235,96	2185,93	1,45	11,33	101325,00	101363,39	100089,04	100127,44	100128,89	102314,35	102443,38	1118,38
STT-RE 800-20	34000,00	1588,24	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	99736,76	99780,00	99781,61	102242,49	102387,71	1062,71
STT-RE 800-25	37800,00	1761,90	3042,03	1,96	13,37	101325,00	101378,44	99563,10	99616,54	99618,49	102659,86	102839,21	1514,21
STT-RE 800-30	40000,00	1980,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	99345,00	99404,84	99407,01	102812,51	103013,27	1688,27
STT-RE 900-4	23760,00	454,55	1202,49	0,84	8,40	101325,00	101346,11	100870,45	100891,57	100892,41	102094,64	102165,87	840,87
STT-RE 900-5,5	26000,00	553,85	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	100771,15	100796,44	100797,43	102236,88	102322,06	997,06
STT-RE 900-7,5	29500,00	671,19	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	100653,81	100686,36	100687,61	102540,45	102649,93	1324,93
STT-RE 900-10	32100,00	841,12	2194,12	1,45	11,35	101325,00	101363,54	100483,88	100522,42	100523,87	102717,52	102847,03	1522,03
STT-RE 900-12,5	34200,00	968,42	2490,43	1,63	12,10	101325,00	101368,75	100356,58	100400,32	100401,96	102891,85	103038,78	1713,78
STT-RE 900-15	37900,00	1044,85	3058,14	1,97	13,40	101325,00	101378,72	100280,15	100333,87	100335,83	103393,31	103573,60	2248,60

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
STT-RE 900-20	42000,00	1285,71	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100039,29	100105,26	100107,63	103862,02	104083,29	2758,29
STT-RE 900-25	43500,00	1531,03	4028,08	2,53	15,38	101325,00	101395,77	99793,97	99864,74	99867,27	103894,47	104131,79	2806,79
STT-RE 900-30	45500,00	1740,66	4406,80	2,74	16,09	101325,00	101402,43	99584,34	99661,77	99664,51	104070,36	104329,94	3004,94
STT-RE 900-40	51000,00	2117,65	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	99207,35	99304,63	99308,01	104842,78	105168,75	3843,75
STT-RE 1000-5,5	30500,00	472,13	1980,95	1,32	10,79	101325,00	101359,79	100852,87	100887,66	100888,99	102869,50	102986,49	1661,49
STT-RE 1000-7,5	33000,00	600,00	2318,82	1,53	11,67	101325,00	101365,73	100725,00	100765,73	100767,26	103085,57	103222,41	1897,41
STT-RE 1000-10	37000,00	729,73	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	100595,27	100646,47	100648,35	103562,41	103734,28	2409,28
STT-RE 1000-12,5	40000,00	828,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	100497,00	100556,84	100559,01	103964,51	104165,27	2840,27
STT-RE 1000-15	42500,00	931,76	3845,10	2,42	15,03	101325,00	101392,56	100393,24	100460,79	100463,21	104307,48	104534,04	3209,04
STT-RE 1000-20	46000,00	1173,91	4504,14	2,80	16,27	101325,00	101404,14	100151,09	100230,23	100233,03	104736,19	105001,49	3676,49
STT-RE 1000-25	50000,00	1332,00	5321,10	3,26	17,68	101325,00	101418,50	99993,00	100086,50	100089,76	105409,71	105723,05	4398,05
STT-RE 1000-30	52500,00	1508,57	5866,24	3,57	18,57	101325,00	101428,09	99816,43	99919,51	99923,08	105788,05	106133,44	4808,44
STT-RE 1000-40	59000,00	1830,51	7407,95	4,42	20,87	101325,00	101455,19	99494,49	99624,68	99629,10	107035,44	107471,49	6146,49
STT-RE 1000-50	64000,00	2081,25	8716,08	5,13	22,64	101325,00	101478,19	99243,75	99396,94	99402,07	108116,26	108629,24	7304,24

STR F400: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, con salida de eje y turbina con álabes hacia adelante, homologados F-400/2h

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
STR STR-F400 25/13	32000,00	2081,25	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	99243,75	99282,05	99283,49	101463,50	101592,21	267,21
STR STR-F400 30/14	38000,00	1752,63	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	99572,37	99626,38	99628,35	102701,97	102883,22	1558,22

STT: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia adelante

CAST: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia delante aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie ST, sobre amortiguadores de goma

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
STT CA-ST 25/13-10	23000,00	1173,91	1126,83	0,79	8,13	101325,00	101344,79	100151,09	100170,87	100171,67	101298,25	101365,04	40,04



## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
STT CA-ST 25/13-12,5	25000,00	1324,80	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	100000,20	100023,58	100024,50	101355,41	101434,21	109,21
STT CA-ST 25/13-15	26500,00	1494,34	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	99830,66	99856,93	99857,95	101353,27	101441,74	116,74
STT CA-ST 25/13-20	29500,00	1830,51	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	99494,49	99527,04	99528,29	101381,13	101490,61	165,61
STT CA-ST 25/13-25	32000,00	2081,25	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	99243,75	99282,05	99283,49	101463,50	101592,21	267,21
STT CA-ST 30/14-5,5	21000,00	685,71	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	100639,29	100655,78	100656,45	101595,72	101651,50	326,50
STT CA-ST 30/14-7,5	24000,00	825,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100500,00	100521,54	100522,40	101749,02	101821,69	496,69
STT CA-ST 30/14-10	27500,00	981,82	1610,59	1,10	9,73	101325,00	101353,28	100343,18	100371,47	100372,56	101982,81	102078,02	753,02
STT CA-ST 30/14-12,5	30000,00	1104,00	1916,56	1,28	10,61	101325,00	101358,66	100221,00	100254,66	100255,95	102172,09	102285,29	960,29
STT CA-ST 30/14-15	33000,00	1200,00	2318,82	1,53	11,67	101325,00	101365,73	100125,00	100165,73	100167,26	102485,57	102622,41	1297,41
STT CA-ST 30/14-20	36500,00	1479,45	2836,48	1,84	12,91	101325,00	101374,83	99845,55	99895,38	99897,21	102733,08	102900,35	1575,35
STT CA-ST 30/14-25	38000,00	1752,63	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	99572,37	99626,38	99628,35	102701,97	102883,22	1558,22

SUVT-C: Unidades de extracción 400°C/2h, con motor y transmisión en el interior de la caja, para trabajar en el exterior en la zona de incendios

SUVT: Unidades de extracción 400°C/2h, a transmisión y motor sobre la caja de ventilación

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
SUVT-C SUVT 22/22-2	14000,00	385,71	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	100939,29	100946,62	100946,94	101364,58	101389,72	64,72
SUVT-C SUVT 22/22-3	16000,00	495,00	545,53	0,41	5,66	101325,00	101334,57	100830,00	100839,57	100839,99	101385,40	101418,04	93,04
SUVT-C SUVT 22/22-4	18000,00	600,00	690,34	0,51	6,37	101325,00	101337,12	100725,00	100737,12	100737,63	101427,82	101468,97	143,97
SUVT-C SUVT 22/22-5,5	20000,00	720,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	100605,00	100619,96	100620,58	101472,57	101523,22	198,22
SUVT-C SUVT 22/22-7,5	22500,00	880,00	1078,39	0,76	7,96	101325,00	101343,93	100445,00	100463,93	100464,70	101542,86	101606,80	281,80
SUVT-C SUVT 22/22-10	25000,00	1080,00	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	100245,00	100268,38	100269,30	101600,21	101679,01	354,01
SUVT-C SUVT 22/22-15	28000,00	1414,29	1669,66	1,13	9,90	101325,00	101354,32	99910,71	99940,04	99941,17	101610,47	101709,16	384,16
SUVT-C SUVT 22/22-20	31000,00	1741,94	2046,40	1,36	10,96	101325,00	101360,94	99583,06	99619,01	99620,37	101666,32	101787,15	462,15
SUVT-C SUVT 25/25-3	20000,00	396,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	100929,00	100943,96	100944,58	101796,57	101847,22	522,22
SUVT-C SUVT 25/25-4	22000,00	490,91	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100834,09	100852,19	100852,92	101883,73	101944,89	619,89

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
SUVT-C SUVT 25/25-5,5	24000,00	600,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100725,00	100746,54	100747,40	101974,02	102046,69	721,69
SUVT-C SUVT 25/25-7,5	26500,00	747,17	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	100577,83	100604,09	100605,12	102100,44	102188,91	863,91
SUVT-C SUVT 25/25-10	29000,00	931,03	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	100393,97	100425,42	100426,63	102217,23	102323,04	998,04
SUVT-C SUVT 25/25-15	34000,00	1164,71	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	100160,29	100203,53	100205,14	102666,02	102811,24	1486,24
SUVT-C SUVT 25/25-20	38000,00	1421,05	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	99903,95	99957,95	99959,93	103033,55	103214,80	1889,80
SUVT-C SUVT 30/28-3	25000,00	316,80	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	101008,20	101031,58	101032,50	102363,41	102442,21	1117,21
SUVT-C SUVT 30/28-4	27000,00	400,00	1552,59	1,06	9,55	101325,00	101352,27	100925,00	100952,27	100953,33	102505,58	102597,39	1272,39
SUVT-C SUVT 30/28-5,5	29000,00	496,55	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	100828,45	100859,90	100861,11	102651,71	102757,53	1432,53

Unidades de extracción 400°C/2h, a transmisión con ventilador de simple aspiración

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
SUST-25/13-10	23000,00	1173,91	1126,83	0,79	8,13	101325,00	101344,79	100151,09	100170,87	100171,67	101298,25	101365,04	40,04
SUST-25/13-12,5	25000,00	1324,80	1331,20	0,92	8,84	101325,00	101348,38	100000,20	100023,58	100024,50	101355,41	101434,21	109,21
SUST-25/13-15	26500,00	1494,34	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	99830,66	99856,93	99857,95	101353,27	101441,74	116,74
SUST-25/13-20	29500,00	1830,51	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	99494,49	99527,04	99528,29	101381,13	101490,61	165,61
SUST-25/13-25	32000,00	2081,25	2180,48	1,44	11,32	101325,00	101363,30	99243,75	99282,05	99283,49	101463,50	101592,21	267,21
SUST-30/14-5,5	21000,00	685,71	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	100639,29	100655,78	100656,45	101595,72	101651,50	326,50
SUST-30/14-7,5	24000,00	825,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100500,00	100521,54	100522,40	101749,02	101821,69	496,69
SUST-30/14-10	27500,00	981,82	1610,59	1,10	9,73	101325,00	101353,28	100343,18	100371,47	100372,56	101982,81	102078,02	753,02
SUST-30/14-20	36500,00	1479,45	2836,48	1,84	12,91	101325,00	101374,83	99845,55	99895,38	99897,21	102733,08	102900,35	1575,35
SUST-30/14-25	38000,00	1752,63	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	99572,37	99626,38	99628,35	102701,97	102883,22	1558,22

Extractores centrífugos y unidades de extracción 400 °C/2h para trabajar en el exterior de la zona de riesgo de incendios, accionados a transmisión con turbina a reacción

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DSX CADSX 710-4	17280,00	625,00	636,25	0,47	6,11	101325,00	101336,17	100700,00	100711,17	100711,64	101347,75	101385,72	60,72

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DSX CADSX 710-5,5	19080,00	754,72	775,62	0,57	6,75	101325,00	101338,62	100570,28	100583,90	100584,46	101359,91	101406,07	81,07
DSX CADSX 710-7,5	20880,00	948,28	928,77	0,67	7,38	101325,00	101341,31	100376,72	100393,03	100393,70	101322,27	101377,42	52,42
DSX CADSX 710-10	23760,00	1136,36	1202,49	0,84	8,40	101325,00	101346,11	100188,64	100209,75	100210,59	101412,82	101484,05	159,05
DSX CADSX 710-12,5	25920,00	1277,78	1430,93	0,99	9,17	101325,00	101350,13	100047,22	100072,35	100073,34	101503,95	101588,61	263,61
DSX CADSX 710-15	27720,00	1428,57	1636,45	1,11	9,80	101325,00	101353,74	99896,43	99925,17	99926,28	101562,38	101659,11	334,11
DSX CADSX 710-20	29880,00	1807,23	1901,27	1,28	10,57	101325,00	101358,39	99517,77	99551,16	99552,44	101453,30	101565,60	240,60
DSX CADSX 710-25	32100,00	2074,77	2194,12	1,45	11,35	101325,00	101363,54	99250,23	99288,77	99290,23	101483,87	101613,38	288,38
DSX 800-4	20800,00	519,23	921,67	0,66	7,36	101325,00	101341,18	100805,77	100821,95	100822,61	101744,08	101798,82	473,82
DSX 800-5,5	22680,00	634,92	1095,71	0,77	8,02	101325,00	101344,24	100690,08	100709,32	100710,09	101805,56	101870,53	545,53
DSX 800-7,5	25100,00	788,84	1341,87	0,93	8,88	101325,00	101348,56	100536,16	100559,72	100560,65	101902,22	101981,65	656,65
DSX 800-10	27720,00	974,03	1636,45	1,11	9,80	101325,00	101353,74	100350,97	100379,71	100380,83	102016,92	102113,66	788,66
DSX 800-12,5	30000,00	1104,00	1916,56	1,28	10,61	101325,00	101358,66	100221,00	100254,66	100255,95	102172,09	102285,29	960,29
DSX 800-15	32040,00	1235,96	2185,93	1,45	11,33	101325,00	101363,39	100089,04	100127,44	100128,89	102314,35	102443,38	1118,38
DSX 800-20	34000,00	1588,24	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	99736,76	99780,00	99781,61	102242,49	102387,71	1062,71
DSX 800-25	37800,00	1761,90	3042,03	1,96	13,37	101325,00	101378,44	99563,10	99616,54	99618,49	102659,86	102839,21	1514,21
DSX 800-30	40000,00	1980,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	99345,00	99404,84	99407,01	102812,51	103013,27	1688,27
DSX 900-4	23760,00	454,55	1202,49	0,84	8,40	101325,00	101346,11	100870,45	100891,57	100892,41	102094,64	102165,87	840,87
DSX 900-5,5	26000,00	553,85	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	100771,15	100796,44	100797,43	102236,88	102322,06	997,06
DSX 900-7,5	29500,00	671,19	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	100653,81	100686,36	100687,61	102540,45	102649,93	1324,93
DSX 900-10	32100,00	841,12	2194,12	1,45	11,35	101325,00	101363,54	100483,88	100522,42	100523,87	102717,52	102847,03	1522,03
DSX 900-12,5	34200,00	968,42	2490,43	1,63	12,10	101325,00	101368,75	100356,58	100400,32	100401,96	102891,85	103038,78	1713,78
DSX 900-15	37900,00	1044,85	3058,14	1,97	13,40	101325,00	101378,72	100280,15	100333,87	100335,83	103393,31	103573,60	2248,60
DSX 900-20	42000,00	1285,71	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100039,29	100105,26	100107,63	103862,02	104083,29	2758,29
DSX 900-25	43500,00	1531,03	4028,08	2,53	15,38	101325,00	101395,77	99793,97	99864,74	99867,27	103894,47	104131,79	2806,79
DSX 900-30	45500,00	1740,66	4406,80	2,74	16,09	101325,00	101402,43	99584,34	99661,77	99664,51	104070,36	104329,94	3004,94

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
DSX 900-40	51000,00	2117,65	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	99207,35	99304,63	99308,01	104842,78	105168,75	3843,75
DSX 1000-5,5	30500,00	472,13	1980,95	1,32	10,79	101325,00	101359,79	100852,87	100887,66	100888,99	102869,50	102986,49	1661,49
DSX 1000-7,5	33000,00	600,00	2318,82	1,53	11,67	101325,00	101365,73	100725,00	100765,73	100767,26	103085,57	103222,41	1897,41
DSX 1000-10	37000,00	729,73	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	100595,27	100646,47	100648,35	103562,41	103734,28	2409,28
DSX 1000-12,5	40000,00	828,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	100497,00	100556,84	100559,01	103964,51	104165,27	2840,27
DSX 1000-15	42500,00	931,76	3845,10	2,42	15,03	101325,00	101392,56	100393,24	100460,79	100463,21	104307,48	104534,04	3209,04
DSX 1000-20	46000,00	1173,91	4504,14	2,80	16,27	101325,00	101404,14	100151,09	100230,23	100233,03	104736,19	105001,49	3676,49
DSX 1000-25	50000,00	1332,00	5321,10	3,26	17,68	101325,00	101418,50	99993,00	100086,50	100089,76	105409,71	105723,05	4398,05
DSX 1000-30	52500,00	1508,57	5866,24	3,57	18,57	101325,00	101428,09	99816,43	99919,51	99923,08	105788,05	106133,44	4808,44
DSX 1000-40	59000,00	1830,51	7407,95	4,42	20,87	101325,00	101455,19	99494,49	99624,68	99629,10	107035,44	107471,49	6146,49
DSX 1000-50	64000,00	2081,25	8716,08	5,13	22,64	101325,00	101478,19	99243,75	99396,94	99402,07	108116,26	108629,24	7304,24

Ventiladores helicoidales murales (HAS) y  
tubulares (HTS)

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
HAS 63-4M	10800,00	266,67	248,67	0,20	3,82	101325,00	101329,36	101058,33	101062,70	101062,90	101311,52	101326,73	1,73

Ventiladores helicoidales tubulares de gran  
robustez

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
HTSG-71-4T-2	21000,00	257,14	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	101067,86	101084,35	101085,02	102024,29	102080,08	755,08
HTSG-71-6T-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
HTSG-71-6M-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
HTSG-80-6T-1,5	26000,00	152,31	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101172,69	101197,98	101198,97	102638,42	102723,60	1398,60
HTSG-80-6T-2	29700,00	181,82	1878,44	1,26	10,50	101325,00	101357,99	101143,18	101176,17	101177,43	103055,47	103166,43	1841,43
HTSG-90-4T-4	40000,00	270,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	101055,00	101114,84	101117,01	104522,51	104723,27	3398,27
HTSG-90-4T-5,5	46500,00	309,68	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101015,32	101096,19	101099,05	105700,59	105971,68	4646,68

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
HTSG-90-4T-7,5	51000,00	388,24	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	100936,76	101034,04	101037,43	106572,19	106898,17	5573,17
HTSG-90-4T-10	54700,00	493,60	6367,94	3,84	19,35	101325,00	101436,91	100831,40	100943,31	100947,15	107313,71	107688,60	6363,60
HTSG-90-6T-2	3800,00	2084,21	30,83	0,03	1,34	101325,00	101325,54	99240,79	99241,33	99241,36	99272,18	99274,61	-2050,39
HTSG-90-6T-3	42400,00	254,72	3827,03	2,41	15,00	101325,00	101392,24	101070,28	101137,52	101139,93	104966,14	105191,63	3866,63
HTSG-90-6T-4	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07
HTSG-100-4T-10	68000,00	582,35	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	100742,65	100915,59	100921,32	110758,28	111337,30	10012,30
HTSG-100-4T-15	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07
HTSG-100-6T-3	72000,00	750,00	11030,11	6,36	25,46	101325,00	101518,89	100575,00	100768,89	100775,25	111802,97	112452,04	11127,04
HTSG-100-6T-4	43000,00	184,19	3936,06	2,48	15,21	101325,00	101394,15	101140,81	101209,97	101212,44	105147,65	105379,55	4054,55
HTSG-100-6T-5,5	47000,00	229,79	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	101095,21	101177,83	101180,74	105881,72	106158,66	4833,66

## Extractores de cubierta mixto (eólico + dinámico)

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TSH-71-4T	18900,00	285,71	761,06	0,56	6,68	101325,00	101338,36	101039,29	101052,65	101053,20	101814,10	101859,40	534,40
TSH-71-6T	13500,00	146,67	388,45	0,30	4,77	101325,00	101331,82	101178,33	101185,15	101185,45	101573,81	101597,23	272,23

## Extractores centrifugos de tejado 400°C/2h, con salida de aire horizontal o vertical

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TSC TSV 500-6T	12000,00	330,00	306,96	0,25	4,24	101325,00	101330,39	100995,00	101000,39	101000,63	101307,53	101326,16	1,16
TSC TSV 560-6T	17300,00	457,80	637,72	0,47	6,12	101325,00	101336,19	100867,20	100878,39	100878,86	101516,45	101554,50	229,50
TSC TSV 630-6T	24700,00	583,00	1299,46	0,90	8,74	101325,00	101347,82	100742,00	100764,82	100765,72	102064,90	102141,84	816,84

## Extractores helicoidales tubulares 400°C/2h y 300°C/1h

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-56-4T-1	12900,00	209,30	354,70	0,28	4,56	101325,00	101331,22	101115,70	101121,92	101122,20	101476,83	101498,26	173,26

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-56-4T-1,5	14000,00	282,86	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	101042,14	101049,47	101049,80	101467,44	101492,58	167,58
TST-56-4/8T-1,5	14000,00	282,86	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	101042,14	101049,47	101049,80	101467,44	101492,58	167,58
TST-56-4T-2	15300,00	352,94	498,86	0,38	5,41	101325,00	101333,76	100972,06	100980,81	100981,19	101479,95	101509,85	184,85
TST-56-6T-0,75	10000,00	198,00	213,22	0,18	3,54	101325,00	101328,74	101127,00	101130,74	101130,92	101344,09	101357,21	32,21
TST-63-4T-1	14100,00	191,49	423,72	0,33	4,99	101325,00	101332,44	101133,51	101140,95	101141,27	101564,90	101590,39	265,39
TST-63-4T-1,5	17000,00	232,94	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	101092,06	101102,87	101103,33	101719,00	101755,77	430,77
TST-63-4/8T-1,5	17000,00	232,94	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	101092,06	101102,87	101103,33	101719,00	101755,77	430,77
	8500,00	105,88	154,08	0,13	3,01	101325,00	101327,70	101219,12	101221,82	101221,95	101376,00	101385,66	60,66
TST-63-4T-2	18900,00	285,71	761,06	0,56	6,68	101325,00	101338,36	101039,29	101052,65	101053,20	101814,10	101859,40	534,40
TST-63-4/8T-2	18900,00	285,71	761,06	0,56	6,68	101325,00	101338,36	101039,29	101052,65	101053,20	101814,10	101859,40	534,40
	9450,00	114,29	190,42	0,16	3,34	101325,00	101328,34	101210,71	101214,05	101214,21	101404,59	101416,38	91,38
TST-63-4T-3	22000,00	360,00	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100965,00	100983,10	100983,83	102014,63	102075,80	750,80
TST-63-4/8T-3	22000,00	360,00	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100965,00	100983,10	100983,83	102014,63	102075,80	750,80
	11000,00	147,27	257,96	0,21	3,89	101325,00	101329,53	101177,73	101182,25	101182,46	101440,37	101456,12	131,12
TST-63-4T-4	25200,00	428,57	1352,57	0,94	8,91	101325,00	101348,75	100896,43	100920,18	100921,12	102273,40	102353,45	1028,45
TST-63-4/8T-4	25200,00	428,57	1352,57	0,94	8,91	101325,00	101348,75	100896,43	100920,18	100921,12	102273,40	102353,45	1028,45
	12600,00	171,43	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101153,57	101159,51	101159,78	101498,11	101518,59	193,59
TST-63-6T-0,75	12600,00	157,14	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101167,86	101173,79	101174,06	101512,40	101532,87	207,87
TST-63-6/12T-0,75	12600,00	157,14	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101167,86	101173,79	101174,06	101512,40	101532,87	207,87
	6300,00	51,43	84,68	0,08	2,23	101325,00	101326,48	101273,57	101275,06	101275,13	101359,79	101365,37	40,37
TST-63-6T-1	13800,00	195,65	405,89	0,32	4,88	101325,00	101332,12	101129,35	101136,47	101136,79	101542,59	101567,03	242,03
TST-63-6/12T-1	13800,00	195,65	405,89	0,32	4,88	101325,00	101332,12	101129,35	101136,47	101136,79	101542,59	101567,03	242,03
	6900,00	78,26	101,56	0,09	2,44	101325,00	101326,78	101246,74	101248,52	101248,61	101350,15	101356,72	31,72
TST-71-4T-1,5	19900,00	198,99	843,68	0,61	7,04	101325,00	101339,81	101126,01	101140,82	101141,43	101984,92	102035,08	710,08
TST-71-4/8T-1,5	19900,00	198,99	843,68	0,61	7,04	101325,00	101339,81	101126,01	101140,82	101141,43	101984,92	102035,08	710,08

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
	9950,00	90,45	211,09	0,18	3,52	101325,00	101328,70	101234,55	101238,25	101238,43	101449,47	101462,47	137,47
TST-71-4T-2	21000,00	257,14	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	101067,86	101084,35	101085,02	102024,29	102080,08	755,08
TST-71-4/8T-2	21000,00	257,14	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	101067,86	101084,35	101085,02	102024,29	102080,08	755,08
	10500,00	102,86	235,06	0,19	3,71	101325,00	101329,12	101222,14	101226,27	101226,46	101461,46	101475,88	150,88
TST-71-4T-3	24000,00	330,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100995,00	101016,54	101017,40	102244,02	102316,69	991,69
TST-71-4/8T-3	24000,00	330,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100995,00	101016,54	101017,40	102244,02	102316,69	991,69
	12000,00	135,00	306,96	0,25	4,24	101325,00	101330,39	101190,00	101195,39	101195,63	101502,53	101521,16	196,16
TST-71-4T-4	29400,00	367,35	1840,71	1,24	10,40	101325,00	101357,33	100957,65	100989,98	100991,22	102831,53	102940,27	1615,27
TST-71-4/8T-4	29400,00	367,35	1840,71	1,24	10,40	101325,00	101357,33	100957,65	100989,98	100991,22	102831,53	102940,27	1615,27
	14700,00	146,94	460,53	0,35	5,20	101325,00	101333,08	101178,06	101186,14	101186,50	101646,92	101674,57	349,57
TST-71-6T-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
TST-71-6/12T-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
	7500,00	43,20	119,98	0,11	2,65	101325,00	101327,10	101281,80	101283,90	101284,01	101403,96	101411,62	86,62
TST-71-6T-1	17200,00	156,98	630,37	0,47	6,08	101325,00	101336,06	101168,02	101179,09	101179,56	101809,79	101847,42	522,42
TST-71-6/12T-1	17200,00	156,98	630,37	0,47	6,08	101325,00	101336,06	101168,02	101179,09	101179,56	101809,79	101847,42	522,42
	8600,00	62,79	157,72	0,13	3,04	101325,00	101327,77	101262,21	101264,98	101265,11	101422,80	101432,67	107,67
TST-71-6T-1,5	21100,00	187,68	948,44	0,68	7,46	101325,00	101341,65	101137,32	101153,97	101154,65	102102,88	102159,19	834,19
TST-71-6/12T-1,5	21100,00	187,68	948,44	0,68	7,46	101325,00	101341,65	101137,32	101153,97	101154,65	102102,88	102159,19	834,19
	10550,00	61,42	237,30	0,19	3,73	101325,00	101329,16	101263,58	101267,74	101267,94	101505,18	101519,73	194,73
TST-80-4T-3	29500,00	268,47	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101056,53	101089,07	101090,32	102943,16	103052,64	1727,64
TST-80-4/8T-3	29500,00	268,47	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101056,53	101089,07	101090,32	102943,16	103052,64	1727,64
	14750,00	109,83	463,66	0,36	5,22	101325,00	101333,14	101215,17	101223,31	101223,66	101687,22	101715,06	390,06
TST-80-4T-4	37000,00	291,89	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101033,11	101084,31	101086,19	104000,25	104172,11	2847,11
TST-80-4/8T-4	37000,00	291,89	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101033,11	101084,31	101086,19	104000,25	104172,11	2847,11
	18500,00	116,76	729,20	0,53	6,54	101325,00	101337,80	101208,24	101221,04	101221,58	101950,63	101994,06	669,06

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-80-4T-5,5	40500,00	355,56	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	100969,44	101030,79	101033,01	104524,14	104729,93	3404,93
TST-80-4/8T-5,5	40500,00	355,56	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	100969,44	101030,79	101033,01	104524,14	104729,93	3404,93
	20250,00	142,22	873,60	0,63	7,16	101325,00	101340,34	101182,78	101198,11	101198,74	102072,15	102124,07	799,07
TST-80-6T-1,5	26000,00	152,31	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101172,69	101197,98	101198,97	102638,42	102723,60	1398,60
TST-80-6/12T-1,5	26000,00	152,31	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101172,69	101197,98	101198,97	102638,42	102723,60	1398,60
	13000,00	49,85	360,22	0,28	4,60	101325,00	101331,32	101275,15	101281,47	101281,76	101641,90	101663,66	338,66
TST-80-6T-2	29700,00	181,82	1878,44	1,26	10,50	101325,00	101357,99	101143,18	101176,17	101177,43	103055,47	103166,43	1841,43
TST-80-6/12T-2	29700,00	181,82	1878,44	1,26	10,50	101325,00	101357,99	101143,18	101176,17	101177,43	103055,47	103166,43	1841,43
	14850,00	60,61	469,97	0,36	5,25	101325,00	101333,25	101264,39	101272,64	101273,00	101742,87	101771,07	446,07
TST-80-6T-3	33500,00	236,42	2389,58	1,57	11,85	101325,00	101366,97	101088,58	101130,56	101132,13	103521,19	103662,19	2337,19
TST-80-6/12T-3	33500,00	236,42	2389,58	1,57	11,85	101325,00	101366,97	101088,58	101130,56	101132,13	103521,19	103662,19	2337,19
	16750,00	79,52	597,84	0,45	5,92	101325,00	101335,49	101245,48	101255,97	101256,42	101854,13	101889,84	564,84
TST-80-8T-0,75	19500,00	101,54	810,12	0,59	6,90	101325,00	101339,22	101223,46	101237,68	101238,27	102048,22	102096,40	771,40
TST-80-8T-1	22000,00	122,73	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	101202,27	101220,37	101221,11	102251,91	102313,07	988,07
TST-90-4T-4	40000,00	270,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	101055,00	101114,84	101117,01	104522,51	104723,27	3398,27
TST-90-4/8T-4	40000,00	270,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	101055,00	101114,84	101117,01	104522,51	104723,27	3398,27
	20000,00	108,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	101217,00	101231,96	101232,58	102084,57	102135,22	810,22
TST-90-4T-5,5	46500,00	309,68	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101015,32	101096,19	101099,05	105700,59	105971,68	4646,68
TST-90-4/8T-5,5	46500,00	309,68	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101015,32	101096,19	101099,05	105700,59	105971,68	4646,68
	23250,00	123,87	1151,45	0,81	8,22	101325,00	101345,22	101201,13	101221,35	101222,16	102373,35	102441,59	1116,59
TST-90-4T-7,5	51000,00	388,24	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	100936,76	101034,04	101037,43	106572,19	106898,17	5573,17
TST-90-4/8T-7,5	51000,00	388,24	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	100936,76	101034,04	101037,43	106572,19	106898,17	5573,17
	25500,00	155,29	1384,95	0,96	9,02	101325,00	101349,32	101169,71	101194,03	101194,98	102579,64	102661,59	1336,59
TST-90-4T-10	54700,00	493,60	6367,94	3,84	19,35	101325,00	101436,91	100831,40	100943,31	100947,15	107313,71	107688,60	6363,60
TST-90-4/8T-9	54700,00	440,95	6367,94	3,84	19,35	101325,00	101436,91	100884,05	100995,96	100999,80	107366,36	107741,26	6416,26



## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
	27350,00	197,44	1593,08	1,09	9,67	101325,00	101352,98	101127,56	101155,54	101156,62	102749,36	102843,54	1518,54
TST-90-6T-2	34300,00	157,43	2505,01	1,64	12,13	101325,00	101369,00	101167,57	101211,57	101213,21	103717,68	103865,46	2540,46
TST-90-6/12T-2	34300,00	157,43	2505,01	1,64	12,13	101325,00	101369,00	101167,57	101211,57	101213,21	103717,68	103865,46	2540,46
	17150,00	52,48	626,72	0,47	6,07	101325,00	101336,00	101272,52	101283,52	101283,99	101910,57	101947,98	622,98
TST-90-6T-3	38800,00	204,12	3205,03	2,05	13,72	101325,00	101381,30	101120,88	101177,18	101179,23	104383,56	104572,50	3247,50
TST-90-6/12T-3	38800,00	204,12	3205,03	2,05	13,72	101325,00	101381,30	101120,88	101177,18	101179,23	104383,56	104572,50	3247,50
	19400,00	68,66	801,84	0,58	6,86	101325,00	101339,08	101256,34	101270,42	101271,00	102072,66	102120,36	795,36
TST-90-6T-4	42400,00	254,72	3827,03	2,41	15,00	101325,00	101392,24	101070,28	101137,52	101139,93	104966,14	105191,63	3866,63
TST-90-6/12T-4	42400,00	254,72	3827,03	2,41	15,00	101325,00	101392,24	101070,28	101137,52	101139,93	104966,14	105191,63	3866,63
	21200,00	93,40	957,44	0,68	7,50	101325,00	101341,81	101231,60	101248,41	101249,10	102206,33	102263,17	938,17
TST-90-8T-1	22500,00	120,00	1078,39	0,76	7,96	101325,00	101343,93	101205,00	101223,93	101224,70	102302,86	102366,80	1041,80
TST-90-8T-2	26000,00	207,69	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101117,31	101142,59	101143,58	102583,04	102668,22	1343,22
TST-90-8T-3	30000,00	264,00	1916,56	1,28	10,61	101325,00	101358,66	101061,00	101094,66	101095,95	103012,09	103125,29	1800,29
TST-100-4T-7,5	54000,00	366,67	6206,08	3,75	19,10	101325,00	101434,06	100958,33	101067,39	101071,15	107275,88	107641,26	6316,26
TST-100-4/8T-7,5	54000,00	366,67	6206,08	3,75	19,10	101325,00	101434,06	100958,33	101067,39	101071,15	107275,88	107641,26	6316,26
	27000,00	146,67	1552,59	1,06	9,55	101325,00	101352,27	101178,33	101205,60	101206,66	102758,91	102850,72	1525,72
TST-100-4T-10	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07
TST-100-4/8T-9	59000,00	408,81	7407,95	4,42	20,87	101325,00	101455,19	100916,19	101046,38	101050,79	108457,13	108893,19	7568,19
	29500,00	183,05	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101141,95	101174,50	101175,74	103028,59	103138,06	1813,06
TST-100-4T-15	68000,00	582,35	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	100742,65	100915,59	100921,32	110758,28	111337,30	10012,30
TST-100-4/8T-15	68000,00	582,35	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	100742,65	100915,59	100921,32	110758,28	111337,30	10012,30
	34000,00	296,47	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	101028,53	101071,76	101073,38	103534,25	103679,47	2354,47
TST-100-4T-20	72000,00	750,00	11030,11	6,36	25,46	101325,00	101518,89	100575,00	100768,89	100775,25	111802,97	112452,04	11127,04
TST-100-4/8T-20	72000,00	750,00	11030,11	6,36	25,46	101325,00	101518,89	100575,00	100768,89	100775,25	111802,97	112452,04	11127,04
	36000,00	380,00	2759,34	1,79	12,73	101325,00	101373,47	100945,00	100993,47	100995,26	103754,01	103916,74	2591,74

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-100-6T-3	43000,00	184,19	3936,06	2,48	15,21	101325,00	101394,15	101140,81	101209,97	101212,44	105147,65	105379,55	4054,55
TST-100-6/12T-3	43000,00	184,19	3936,06	2,48	15,21	101325,00	101394,15	101140,81	101209,97	101212,44	105147,65	105379,55	4054,55
	21500,00	61,95	984,72	0,70	7,60	101325,00	101342,29	101263,05	101280,34	101281,04	102265,54	102323,98	998,98
TST-100-6T-4	47000,00	229,79	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	101095,21	101177,83	101180,74	105881,72	106158,66	4833,66
TST-100-6/12T-4	47000,00	229,79	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	101095,21	101177,83	101180,74	105881,72	106158,66	4833,66
	23500,00	84,26	1176,33	0,82	8,31	101325,00	101345,65	101240,74	101261,40	101262,22	102438,30	102508,00	1183,00
TST-100-6T-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
TST-100-6/12T-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
	26500,00	88,30	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101236,70	101262,96	101263,99	102759,31	102847,77	1522,77
TST-100-8T-2	33900,00	159,29	2446,96	1,60	11,99	101325,00	101367,98	101165,71	101208,69	101210,29	103656,72	103801,09	2476,09
TST-100-8T-3	35000,00	226,29	2608,25	1,70	12,38	101325,00	101370,82	101098,71	101144,53	101146,23	103753,91	103907,77	2582,77
TST-100-8T-4	38000,00	284,21	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	101040,79	101094,80	101096,77	104170,39	104351,64	3026,64
TST-125-4T/3-10	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07
TST-125-4/8T/3-9	63000,00	382,86	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100942,14	101090,59	101095,57	109539,69	110036,78	8711,78
	31500,00	171,43	2112,91	1,40	11,14	101325,00	101362,11	101153,57	101190,68	101192,09	103304,54	103429,27	2104,27
TST-125-4T/3-15	76500,00	517,65	12451,29	7,11	27,06	101325,00	101543,88	100807,35	101026,23	101033,35	113481,93	114214,60	12889,60
TST-125-4/8T/3-15	76500,00	517,65	12451,29	7,11	27,06	101325,00	101543,88	100807,35	101026,23	101033,35	113481,93	114214,60	12889,60
	37500,00	268,80	2993,96	1,93	13,26	101325,00	101377,60	101056,20	101108,80	101110,72	104104,03	104280,56	2955,56
TST-125-4T/3-20	92100,00	586,32	18044,29	10,01	32,57	101325,00	101642,25	100738,68	101055,93	101065,94	119106,32	120167,98	18842,98
TST-125-4/8T/3-20	92100,00	586,32	18044,29	10,01	32,57	101325,00	101642,25	100738,68	101055,93	101065,94	119106,32	120167,98	18842,98
	46500,00	294,19	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101030,81	101111,68	101114,53	105716,07	105987,16	4662,16
TST-125-4T/3-25	98500,00	676,14	20638,02	11,33	34,84	101325,00	101687,87	100648,86	101011,73	101023,06	121656,60	122870,85	21545,85
TST-125-4T/3-30	102600,00	771,93	22391,08	12,21	36,29	101325,00	101718,71	100553,07	100946,78	100958,99	123345,22	124662,61	23337,61
TST-125-4/8T/3-27	102600,00	701,75	22391,08	12,21	36,29	101325,00	101718,71	100623,25	101016,96	101029,17	123415,39	124732,78	23407,78
	52500,00	274,29	5866,24	3,57	18,57	101325,00	101428,09	101050,71	101153,80	101157,37	107022,33	107367,73	6042,73

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-125-4/8T/3-37	109800,00	885,25	25642,48	13,84	38,83	101325,00	101775,91	100439,75	100890,66	100904,50	126541,42	128050,11	26725,11
	56000,00	385,71	6674,07	4,01	19,81	101325,00	101442,29	100939,29	101056,57	101060,59	107733,21	108126,11	6801,11
TST-125-4T/3-40	117000,00	923,08	29114,14	15,57	41,38	101325,00	101836,98	100401,92	100913,90	100929,47	130037,29	131750,24	30425,24
TST-125-4/8T/3-40	117000,00	923,08	29114,14	15,57	41,38	101325,00	101836,98	100401,92	100913,90	100929,47	130037,29	131750,24	30425,24
	58500,00	615,38	7282,98	4,35	20,69	101325,00	101453,00	100709,62	100837,61	100841,96	108123,36	108552,06	7227,06
TST-125-4T/6-20	80500,00	670,81	13786,80	7,81	28,47	101325,00	101567,37	100654,19	100896,56	100904,37	114688,18	115499,40	14174,40
TST-125-4/8T/6-20	80500,00	670,81	13786,80	7,81	28,47	101325,00	101567,37	100654,19	100896,56	100904,37	114688,18	115499,40	14174,40
	40500,00	337,78	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	100987,22	101048,57	101050,79	104541,92	104747,71	3422,71
TST-125-4/8T/6-22	89100,00	666,67	16888,40	9,42	31,51	101325,00	101621,92	100658,33	100955,25	100964,67	117849,40	118843,07	17518,07
	44000,00	270,00	4121,17	2,58	15,56	101325,00	101397,41	101055,00	101127,41	101129,99	105250,26	105493,05	4168,05
TST-125-4T/6-25	96300,00	691,59	19726,79	10,87	34,06	101325,00	101671,84	100633,41	100980,26	100991,12	120713,63	121874,28	20549,28
TST-125-4/8T/6-27	96300,00	747,66	19726,79	10,87	34,06	101325,00	101671,84	100577,34	100924,18	100935,05	120657,56	121818,20	20493,20
	47500,00	303,16	4802,53	2,97	16,80	101325,00	101409,39	101021,84	101106,23	101109,20	105910,68	106193,53	4868,53
TST-125-4T/6-30	102000,00	776,47	22130,07	12,08	36,08	101325,00	101714,12	100548,53	100937,65	100949,73	123075,00	124377,04	23052,04
TST-125-4/8T/6-37	102000,00	952,94	22130,07	12,08	36,08	101325,00	101714,12	100372,06	100761,18	100773,26	122898,53	124200,56	22875,56
	52000,00	415,38	5755,09	3,50	18,39	101325,00	101426,13	100909,62	101010,75	101014,25	106768,09	107106,95	5781,95
TST-125-4T/6-40	117350,00	920,32	29288,52	15,65	41,50	101325,00	101840,05	100404,68	100919,72	100935,38	130217,54	131940,74	30615,74
TST-125-4/8T/6-40	117350,00	920,32	29288,52	15,65	41,50	101325,00	101840,05	100404,68	100919,72	100935,38	130217,54	131940,74	30615,74
	58500,00	615,38	7282,98	4,35	20,69	101325,00	101453,00	100709,62	100837,61	100841,96	108123,36	108552,06	7227,06
TST-125-4T/6-50	130000,00	1024,62	35940,25	18,91	45,98	101325,00	101957,08	100300,38	100932,46	100951,37	136883,82	138998,43	37673,43
TST-125-4T/9-25	65000,00	1024,62	8990,46	5,27	22,99	101325,00	101483,02	100300,38	100458,40	100463,68	109452,19	109981,30	8656,30
TST-125-4/8T/9-22	65000,00	913,85	8990,46	5,27	22,99	101325,00	101483,02	100411,15	100569,17	100574,45	109562,95	110092,07	8767,07
	32500,00	365,54	2249,12	1,49	11,49	101325,00	101364,50	100959,46	100998,97	101000,45	103249,08	103381,83	2056,83
TST-125-4T/9-30	74000,00	1070,27	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100254,73	100459,54	100466,23	112114,82	112800,42	11475,42
TST-125-4/8T/9-27	74000,00	972,97	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100352,03	100556,83	100563,53	112212,12	112897,72	11572,72

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-125-4/8T/9-37	37500,00	384,00	2993,96	1,93	13,26	101325,00	101377,60	100941,00	100993,60	100995,52	103988,83	104165,36	2840,36
	82000,00	1185,37	14305,15	8,08	29,00	101325,00	101576,48	100139,63	100391,12	100399,20	114701,24	115542,95	14217,95
	42000,00	514,29	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100810,71	100876,69	100879,06	104633,45	104854,72	3529,72
TST-125-4T/9-40	92000,00	1173,91	18005,15	9,99	32,54	101325,00	101641,56	100151,09	100467,65	100477,64	118478,88	119538,24	18213,24
TST-125-4/8T/9-40	92000,00	1173,91	18005,15	9,99	32,54	101325,00	101641,56	100151,09	100467,65	100477,64	118478,88	119538,24	18213,24
	46000,00	782,61	4504,14	2,80	16,27	101325,00	101404,14	100542,39	100621,53	100624,33	105127,49	105392,80	4067,80
	109000,00	1222,02	25270,34	13,66	38,55	101325,00	101769,36	100102,98	100547,34	100561,00	125825,85	127312,64	25987,64
TST-125-6T/3-4	51000,00	211,76	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	101113,24	101210,52	101213,90	106748,66	107074,64	5749,64
TST-125-6/12T/3-4	51000,00	211,76	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	101113,24	101210,52	101213,90	106748,66	107074,64	5749,64
	25500,00	77,65	1384,95	0,96	9,02	101325,00	101349,32	101247,35	101271,67	101272,63	102657,28	102739,24	1414,24
	58000,00	248,28	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	101076,72	101202,54	101206,82	108364,34	108785,75	7460,75
TST-125-6/12T/3-5,5	58000,00	248,28	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	101076,72	101202,54	101206,82	108364,34	108785,75	7460,75
TST-125-6T/3-7,5	29000,00	80,69	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	101244,31	101275,76	101276,97	103067,57	103173,39	1848,39
	66000,00	300,00	9269,09	5,42	23,34	101325,00	101487,92	101025,00	101187,92	101193,34	110460,42	111005,92	9680,92
	66000,00	300,00	9269,09	5,42	23,34	101325,00	101487,92	101025,00	101187,92	101193,34	110460,42	111005,92	9680,92
TST-125-6T/3-10	33000,00	109,09	2318,82	1,53	11,67	101325,00	101365,73	101215,91	101256,64	101258,17	103576,48	103713,32	2388,32
	74000,00	364,86	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100960,14	101164,94	101171,63	112820,23	113505,83	12180,83
	74000,00	364,86	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100960,14	101164,94	101171,63	112820,23	113505,83	12180,83
TST-125-6T/3-15	37000,00	136,22	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101188,78	101239,99	101241,87	104155,92	104327,79	3002,79
	87500,00	452,57	16287,56	9,11	30,95	101325,00	101611,35	100872,43	101158,78	101167,89	117451,91	118410,24	17085,24
	87500,00	452,57	16287,56	9,11	30,95	101325,00	101611,35	100872,43	101158,78	101167,89	117451,91	118410,24	17085,24
TST-125-6T/3-20	43750,00	164,57	4074,49	2,56	15,47	101325,00	101396,59	101160,43	101232,02	101234,57	105308,18	105548,22	4223,22
	88500,00	610,17	16661,81	9,30	31,30	101325,00	101617,93	100714,83	101007,76	101017,06	117675,26	118655,60	17330,60
	88500,00	711,86	16661,81	9,30	31,30	101325,00	101617,93	100613,14	100906,07	100915,37	117573,56	118553,90	17228,90
TST-125-6/12T/3-24	44250,00	284,75	4168,11	2,61	15,65	101325,00	101398,23	101040,25	101113,49	101116,10	105283,30	105528,85	4203,85

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-125-6T/6-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
TST-125-6/12T/6-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
	26500,00	88,30	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101236,70	101262,96	101263,99	102759,31	102847,77	1522,77
TST-125-6T/6-7,5	58000,00	341,38	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	100983,62	101109,44	101113,72	108271,24	108692,65	7367,65
TST-125-6/12T/6-7,5	58000,00	341,38	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	100983,62	101109,44	101113,72	108271,24	108692,65	7367,65
	29000,00	124,14	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	101200,86	101232,32	101233,52	103024,12	103129,94	1804,94
TST-125-6T/6-10	72200,00	373,96	11091,45	6,40	25,54	101325,00	101519,96	100951,04	101146,00	101152,40	112241,44	112894,12	11569,12
TST-125-6/12T/6-10	72200,00	373,96	11091,45	6,40	25,54	101325,00	101519,96	100951,04	101146,00	101152,40	112241,44	112894,12	11569,12
	36100,00	139,61	2774,69	1,80	12,77	101325,00	101373,74	101185,39	101234,13	101235,93	104010,01	104173,65	2848,65
TST-125-6T/6-15	85000,00	465,88	15370,53	8,63	30,06	101325,00	101595,22	100859,12	101129,34	101137,97	116505,17	117409,55	16084,55
TST-125-6/12T/6-15	85000,00	465,88	15370,53	8,63	30,06	101325,00	101595,22	100859,12	101129,34	101137,97	116505,17	117409,55	16084,55
	42500,00	169,41	3845,10	2,42	15,03	101325,00	101392,56	101155,59	101223,14	101225,57	105069,83	105296,39	3971,39
TST-125-6T/6-20	95000,00	568,42	19198,01	10,60	33,60	101325,00	101662,54	100756,58	101094,12	101104,72	120298,56	121428,10	20103,10
TST-125-6/12T/6-24	95000,00	663,16	19198,01	10,60	33,60	101325,00	101662,54	100661,84	100999,39	101009,98	120203,82	121333,36	20008,36
	47500,00	265,26	4802,53	2,97	16,80	101325,00	101409,39	101059,74	101144,12	101147,09	105948,58	106231,43	4906,43
TST-125-6T/9-10	53000,00	509,43	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	100815,57	100920,63	100924,25	106901,41	107253,41	5928,41
TST-125-6/12T/9-10	53000,00	509,43	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	100815,57	100920,63	100924,25	106901,41	107253,41	5928,41
	26500,00	190,19	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101134,81	101161,08	101162,10	102657,42	102745,89	1420,89
TST-125-6T/9-15	70500,00	561,70	10575,51	6,12	24,93	101325,00	101510,89	100763,30	100949,19	100955,31	111528,53	112150,87	10825,87
TST-125-6/12T/9-15	70500,00	561,70	10575,51	6,12	24,93	101325,00	101510,89	100763,30	100949,19	100955,31	111528,53	112150,87	10825,87
	35250,00	204,26	2645,62	1,72	12,47	101325,00	101371,47	101120,74	101167,22	101168,94	103813,99	103970,04	2645,04
TST-125-6T/9-20	86500,00	624,28	15917,56	8,92	30,59	101325,00	101604,84	100700,72	100980,57	100989,48	116903,59	117840,15	16515,15

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
TST-125-6/12T/9-24	86500,00	728,32	15917,56	8,92	30,59	101325,00	101604,84	100596,68	100876,52	100885,44	116799,54	117736,10	16411,10
	43250,00	291,33	3981,93	2,50	15,30	101325,00	101394,96	101033,67	101103,63	101106,13	105087,20	105321,81	3996,81

Unidades de extracción helicoidales 400°C/2h y 300°C/1h, con caja aislada acústicamente

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-56-4T-1	12900,00	209,30	354,70	0,28	4,56	101325,00	101331,22	101115,70	101121,92	101122,20	101476,83	101498,26	173,26
CATST-56-4T-1,5	14000,00	282,86	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	101042,14	101049,47	101049,80	101467,44	101492,58	167,58
CATST-56-4/8T-1,5	14000,00	282,86	417,73	0,32	4,95	101325,00	101332,33	101042,14	101049,47	101049,80	101467,44	101492,58	167,58
CATST-56-4T-2	15300,00	352,94	498,86	0,38	5,41	101325,00	101333,76	100972,06	100980,81	100981,19	101479,95	101509,85	184,85
CATST-56-4/8T-2	15300,00	352,94	498,86	0,38	5,41	101325,00	101333,76	100972,06	100980,81	100981,19	101479,95	101509,85	184,85
CATST-56-6T-0,75	10000,00	198,00	213,22	0,18	3,54	101325,00	101328,74	101127,00	101130,74	101130,92	101344,09	101357,21	32,21
CATST-56-6/12T-0,75	10000,00	198,00	213,22	0,18	3,54	101325,00	101328,74	101127,00	101130,74	101130,92	101344,09	101357,21	32,21
CATST-63-4T-1	14100,00	191,49	423,72	0,33	4,99	101325,00	101332,44	101133,51	101140,95	101141,27	101564,90	101590,39	265,39
CATST-63-4T-1,5	17000,00	232,94	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	101092,06	101102,87	101103,33	101719,00	101755,77	430,77
CATST-63-4/8T-1,5	17000,00	232,94	615,81	0,46	6,01	101325,00	101335,81	101092,06	101102,87	101103,33	101719,00	101755,77	430,77
	8500,00	105,88	154,08	0,13	3,01	101325,00	101327,70	101219,12	101221,82	101221,95	101376,00	101385,66	60,66
CATST-63-4T-2	18900,00	285,71	761,06	0,56	6,68	101325,00	101338,36	101039,29	101052,65	101053,20	101814,10	101859,40	534,40
CATST-63-4/8T-2	18900,00	285,71	761,06	0,56	6,68	101325,00	101338,36	101039,29	101052,65	101053,20	101814,10	101859,40	534,40
	9450,00	114,29	190,42	0,16	3,34	101325,00	101328,34	101210,71	101214,05	101214,21	101404,59	101416,38	91,38
CATST-63-4T-3	22000,00	360,00	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100965,00	100983,10	100983,83	102014,63	102075,80	750,80
CATST-63-4/8T-3	22000,00	360,00	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	100965,00	100983,10	100983,83	102014,63	102075,80	750,80
	11000,00	147,27	257,96	0,21	3,89	101325,00	101329,53	101177,73	101182,25	101182,46	101440,37	101456,12	131,12
CATST-63-4T-4	25200,00	428,57	1352,57	0,94	8,91	101325,00	101348,75	100896,43	100920,18	100921,12	102273,40	102353,45	1028,45
CATST-63-4/8T-4	25200,00	428,57	1352,57	0,94	8,91	101325,00	101348,75	100896,43	100920,18	100921,12	102273,40	102353,45	1028,45
	12600,00	171,43	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101153,57	101159,51	101159,78	101498,11	101518,59	193,59

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-63-6T-0,75	12600,00	157,14	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101167,86	101173,79	101174,06	101512,40	101532,87	207,87
CATST-63-6/12T-0,75	12600,00	157,14	338,41	0,27	4,46	101325,00	101330,94	101167,86	101173,79	101174,06	101512,40	101532,87	207,87
	6300,00	51,43	84,68	0,08	2,23	101325,00	101326,48	101273,57	101275,06	101275,13	101359,79	101365,37	40,37
CATST-63-6T-1	13800,00	195,65	405,89	0,32	4,88	101325,00	101332,12	101129,35	101136,47	101136,79	101542,59	101567,03	242,03
CATST-63-6/12T-1	13800,00	195,65	405,89	0,32	4,88	101325,00	101332,12	101129,35	101136,47	101136,79	101542,59	101567,03	242,03
	6900,00	78,26	101,56	0,09	2,44	101325,00	101326,78	101246,74	101248,52	101248,61	101350,15	101356,72	31,72
CATST-71-4T-1,5	19900,00	198,99	843,68	0,61	7,04	101325,00	101339,81	101126,01	101140,82	101141,43	101984,92	102035,08	710,08
CATST-71-4/8T-1,5	19900,00	198,99	843,68	0,61	7,04	101325,00	101339,81	101126,01	101140,82	101141,43	101984,92	102035,08	710,08
	9950,00	90,45	211,09	0,18	3,52	101325,00	101328,70	101234,55	101238,25	101238,43	101449,47	101462,47	137,47
CATST-71-4T-2	21000,00	257,14	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	101067,86	101084,35	101085,02	102024,29	102080,08	755,08
CATST-71-4/8T-2	21000,00	257,14	939,47	0,67	7,43	101325,00	101341,49	101067,86	101084,35	101085,02	102024,29	102080,08	755,08
	10500,00	102,86	235,06	0,19	3,71	101325,00	101329,12	101222,14	101226,27	101226,46	101461,46	101475,88	150,88
CATST-71-4T-3	24000,00	330,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100995,00	101016,54	101017,40	102244,02	102316,69	991,69
CATST-71-4/8T-3	24000,00	330,00	1226,89	0,86	8,49	101325,00	101346,54	100995,00	101016,54	101017,40	102244,02	102316,69	991,69
	12000,00	135,00	306,96	0,25	4,24	101325,00	101330,39	101190,00	101195,39	101195,63	101502,53	101521,16	196,16
CATST-71-4T-4	29400,00	367,35	1840,71	1,24	10,40	101325,00	101357,33	100957,65	100989,98	100991,22	102831,53	102940,27	1615,27
CATST-71-4/8T-4	29400,00	367,35	1840,71	1,24	10,40	101325,00	101357,33	100957,65	100989,98	100991,22	102831,53	102940,27	1615,27
	14700,00	146,94	460,53	0,35	5,20	101325,00	101333,08	101178,06	101186,14	101186,50	101646,92	101674,57	349,57
CATST-71-6T-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
CATST-71-6/12T-0,75	15000,00	132,00	479,50	0,37	5,31	101325,00	101333,42	101193,00	101201,42	101201,78	101681,18	101709,95	384,95
	7500,00	43,20	119,98	0,11	2,65	101325,00	101327,10	101281,80	101283,90	101284,01	101403,96	101411,62	86,62
CATST-71-6T-1	17200,00	156,98	630,37	0,47	6,08	101325,00	101336,06	101168,02	101179,09	101179,56	101809,79	101847,42	522,42
CATST-71-6/12T-1	17200,00	156,98	630,37	0,47	6,08	101325,00	101336,06	101168,02	101179,09	101179,56	101809,79	101847,42	522,42
	8600,00	62,79	157,72	0,13	3,04	101325,00	101327,77	101262,21	101264,98	101265,11	101422,80	101432,67	107,67
CATST-71-6T-1,5	21100,00	187,68	948,44	0,68	7,46	101325,00	101341,65	101137,32	101153,97	101154,65	102102,88	102159,19	834,19

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-71-6/12T-1,5	21100,00	187,68	948,44	0,68	7,46	101325,00	101341,65	101137,32	101153,97	101154,65	102102,88	102159,19	834,19
	10550,00	61,42	237,30	0,19	3,73	101325,00	101329,16	101263,58	101267,74	101267,94	101505,18	101519,73	194,73
CATST-80-4T-3	29500,00	268,47	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101056,53	101089,07	101090,32	102943,16	103052,64	1727,64
CATST-80-4/8T-3	29500,00	268,47	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101056,53	101089,07	101090,32	102943,16	103052,64	1727,64
	14750,00	109,83	463,66	0,36	5,22	101325,00	101333,14	101215,17	101223,31	101223,66	101687,22	101715,06	390,06
CATST-80-4T-4	37000,00	291,89	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101033,11	101084,31	101086,19	104000,25	104172,11	2847,11
CATST-80-4/8T-4	37000,00	291,89	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101033,11	101084,31	101086,19	104000,25	104172,11	2847,11
	18500,00	116,76	729,20	0,53	6,54	101325,00	101337,80	101208,24	101221,04	101221,58	101950,63	101994,06	669,06
CATST-80-4T-5,5	40500,00	355,56	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	100969,44	101030,79	101033,01	104524,14	104729,93	3404,93
CATST-80-4/8T-5,5	40500,00	355,56	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	100969,44	101030,79	101033,01	104524,14	104729,93	3404,93
	20250,00	142,22	873,60	0,63	7,16	101325,00	101340,34	101182,78	101198,11	101198,74	102072,15	102124,07	799,07
CATST-80-6T-1,5	26000,00	152,31	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101172,69	101197,98	101198,97	102638,42	102723,60	1398,60
CATST-80-6/12T-1,5	26000,00	152,31	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101172,69	101197,98	101198,97	102638,42	102723,60	1398,60
	13000,00	49,85	360,22	0,28	4,60	101325,00	101331,32	101275,15	101281,47	101281,76	101641,90	101663,66	338,66
CATST-80-6T-2	29700,00	181,82	1878,44	1,26	10,50	101325,00	101357,99	101143,18	101176,17	101177,43	103055,47	103166,43	1841,43
CATST-80-6/12T-2	29700,00	181,82	1878,44	1,26	10,50	101325,00	101357,99	101143,18	101176,17	101177,43	103055,47	103166,43	1841,43
	14850,00	60,61	469,97	0,36	5,25	101325,00	101333,25	101264,39	101272,64	101273,00	101742,87	101771,07	446,07
CATST-80-6T-3	33500,00	236,42	2389,58	1,57	11,85	101325,00	101366,97	101088,58	101130,56	101132,13	103521,19	103662,19	2337,19
CATST-80-6/12T-3	33500,00	236,42	2389,58	1,57	11,85	101325,00	101366,97	101088,58	101130,56	101132,13	103521,19	103662,19	2337,19
	16750,00	79,52	597,84	0,45	5,92	101325,00	101335,49	101245,48	101255,97	101256,42	101854,13	101889,84	564,84
CATST-80-8T-0,75	19500,00	101,54	810,12	0,59	6,90	101325,00	101339,22	101223,46	101237,68	101238,27	102048,22	102096,40	771,40
CATST-80-8T-1	22000,00	122,73	1031,02	0,73	7,78	101325,00	101343,10	101202,27	101220,37	101221,11	102251,91	102313,07	988,07
CATST-90-4T-4	40000,00	270,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	101055,00	101114,84	101117,01	104522,51	104723,27	3398,27
CATST-90-4/8T-4	40000,00	270,00	3406,24	2,17	14,15	101325,00	101384,84	101055,00	101114,84	101117,01	104522,51	104723,27	3398,27
	20000,00	108,00	852,17	0,62	7,07	101325,00	101339,96	101217,00	101231,96	101232,58	102084,57	102135,22	810,22



## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-90-4T-5,5	46500,00	309,68	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101015,32	101096,19	101099,05	105700,59	105971,68	4646,68
CATST-90-4/8T-5,5	46500,00	309,68	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101015,32	101096,19	101099,05	105700,59	105971,68	4646,68
	23250,00	123,87	1151,45	0,81	8,22	101325,00	101345,22	101201,13	101221,35	101222,16	102373,35	102441,59	1116,59
CATST-90-4T-7,5	51000,00	388,24	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	100936,76	101034,04	101037,43	106572,19	106898,17	5573,17
CATST-90-4/8T-7,5	51000,00	388,24	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	100936,76	101034,04	101037,43	106572,19	106898,17	5573,17
	25500,00	155,29	1384,95	0,96	9,02	101325,00	101349,32	101169,71	101194,03	101194,98	102579,64	102661,59	1336,59
CATST-90-4T-10	54700,00	493,60	6367,94	3,84	19,35	101325,00	101436,91	100831,40	100943,31	100947,15	107313,71	107688,60	6363,60
CATST-90-4/8T-9	54700,00	440,95	6367,94	3,84	19,35	101325,00	101436,91	100884,05	100995,96	100999,80	107366,36	107741,26	6416,26
	27350,00	197,44	1593,08	1,09	9,67	101325,00	101352,98	101127,56	101155,54	101156,62	102749,36	102843,54	1518,54
CATST-90-6T-2	34300,00	157,43	2505,01	1,64	12,13	101325,00	101369,00	101167,57	101211,57	101213,21	103717,68	103865,46	2540,46
CATST-90-6/12T-2	34300,00	157,43	2505,01	1,64	12,13	101325,00	101369,00	101167,57	101211,57	101213,21	103717,68	103865,46	2540,46
	17150,00	52,48	626,72	0,47	6,07	101325,00	101336,00	101272,52	101283,52	101283,99	101910,57	101947,98	622,98
CATST-90-6T-3	38800,00	204,12	3205,03	2,05	13,72	101325,00	101381,30	101120,88	101177,18	101179,23	104383,56	104572,50	3247,50
CATST-90-6/12T-3	38800,00	204,12	3205,03	2,05	13,72	101325,00	101381,30	101120,88	101177,18	101179,23	104383,56	104572,50	3247,50
	19400,00	68,66	801,84	0,58	6,86	101325,00	101339,08	101256,34	101270,42	101271,00	102072,66	102120,36	795,36
CATST-90-6T-4	42400,00	254,72	3827,03	2,41	15,00	101325,00	101392,24	101070,28	101137,52	101139,93	104966,14	105191,63	3866,63
CATST-90-6/12T-4	42400,00	254,72	3827,03	2,41	15,00	101325,00	101392,24	101070,28	101137,52	101139,93	104966,14	105191,63	3866,63
	21200,00	93,40	957,44	0,68	7,50	101325,00	101341,81	101231,60	101248,41	101249,10	102206,33	102263,17	938,17
CATST-90-8T-1	22500,00	120,00	1078,39	0,76	7,96	101325,00	101343,93	101205,00	101223,93	101224,70	102302,86	102366,80	1041,80
CATST-90-8T-2	26000,00	207,69	1439,77	0,99	9,20	101325,00	101350,28	101117,31	101142,59	101143,58	102583,04	102668,22	1343,22
CATST-90-8T-3	30000,00	264,00	1916,56	1,28	10,61	101325,00	101358,66	101061,00	101094,66	101095,95	103012,09	103125,29	1800,29
CATST-100-4T-7,5	54000,00	366,67	6206,08	3,75	19,10	101325,00	101434,06	100958,33	101067,39	101071,15	107275,88	107641,26	6316,26
CATST-100-4/8T-7,5	54000,00	366,67	6206,08	3,75	19,10	101325,00	101434,06	100958,33	101067,39	101071,15	107275,88	107641,26	6316,26
	27000,00	146,67	1552,59	1,06	9,55	101325,00	101352,27	101178,33	101205,60	101206,66	102758,91	102850,72	1525,72
CATST-100-4T-10	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-100-4/8T-9	59000,00	408,81	7407,95	4,42	20,87	101325,00	101455,19	100916,19	101046,38	101050,79	108457,13	108893,19	7568,19
	29500,00	183,05	1853,24	1,25	10,43	101325,00	101357,55	101141,95	101174,50	101175,74	103028,59	103138,06	1813,06
CATST-100-4T-15	68000,00	582,35	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	100742,65	100915,59	100921,32	110758,28	111337,30	10012,30
CATST-100-4/8T-15	68000,00	582,35	9839,09	5,73	24,05	101325,00	101497,94	100742,65	100915,59	100921,32	110758,28	111337,30	10012,30
	34000,00	296,47	2461,41	1,61	12,03	101325,00	101368,24	101028,53	101071,76	101073,38	103534,25	103679,47	2354,47
CATST-100-4T-20	72000,00	750,00	11030,11	6,36	25,46	101325,00	101518,89	100575,00	100768,89	100775,25	111802,97	112452,04	11127,04
CATST-100-4/8T-20	72000,00	750,00	11030,11	6,36	25,46	101325,00	101518,89	100575,00	100768,89	100775,25	111802,97	112452,04	11127,04
	36000,00	380,00	2759,34	1,79	12,73	101325,00	101373,47	100945,00	100993,47	100995,26	103754,01	103916,74	2591,74
CATST-100-6T-3	43000,00	184,19	3936,06	2,48	15,21	101325,00	101394,15	101140,81	101209,97	101212,44	105147,65	105379,55	4054,55
CATST-100-6/12T-3	43000,00	184,19	3936,06	2,48	15,21	101325,00	101394,15	101140,81	101209,97	101212,44	105147,65	105379,55	4054,55
	21500,00	61,95	984,72	0,70	7,60	101325,00	101342,29	101263,05	101280,34	101281,04	102265,54	102323,98	998,98
CATST-100-6T-4	47000,00	229,79	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	101095,21	101177,83	101180,74	105881,72	106158,66	4833,66
CATST-100-6/12T-4	47000,00	229,79	4702,00	2,91	16,62	101325,00	101407,62	101095,21	101177,83	101180,74	105881,72	106158,66	4833,66
	23500,00	84,26	1176,33	0,82	8,31	101325,00	101345,65	101240,74	101261,40	101262,22	102438,30	102508,00	1183,00
CATST-100-6T-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
CATST-100-6/12T-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
	26500,00	88,30	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101236,70	101262,96	101263,99	102759,31	102847,77	1522,77
CATST-100-8T-2	33900,00	159,29	2446,96	1,60	11,99	101325,00	101367,98	101165,71	101208,69	101210,29	103656,72	103801,09	2476,09
CATST-100-8T-3	35000,00	226,29	2608,25	1,70	12,38	101325,00	101370,82	101098,71	101144,53	101146,23	103753,91	103907,77	2582,77
CATST-100-8T-4	38000,00	284,21	3074,29	1,98	13,44	101325,00	101379,01	101040,79	101094,80	101096,77	104170,39	104351,64	3026,64
CATST-125-4T/3-10	63000,00	428,57	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100896,43	101044,87	101049,85	109493,97	109991,07	8666,07
CATST-125-4/8T/3-9	63000,00	411,43	8445,95	4,98	22,28	101325,00	101473,44	100913,57	101062,02	101067,00	109511,12	110008,21	8683,21
	31500,00	205,71	2112,91	1,40	11,14	101325,00	101362,11	101119,29	101156,40	101157,80	103270,25	103394,99	2069,99
CATST-125-4T/3-15	76500,00	517,65	12451,29	7,11	27,06	101325,00	101543,88	100807,35	101026,23	101033,35	113481,93	114214,60	12889,60
CATST-125-4/8T/3-15	76500,00	517,65	12451,29	7,11	27,06	101325,00	101543,88	100807,35	101026,23	101033,35	113481,93	114214,60	12889,60

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m <sup>3</sup> /h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m <sup>2</sup> /s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
	37500,00	288,00	2993,96	1,93	13,26	101325,00	101377,60	101037,00	101089,60	101091,52	104084,83	104261,36	2936,36
CATST-125-4T/3-20	92100,00	586,32	18044,29	10,01	32,57	101325,00	101642,25	100738,68	101055,93	101065,94	119106,32	120167,98	18842,98
CATST-125-4/8T/3-20	92100,00	547,23	18044,29	10,01	32,57	101325,00	101642,25	100777,77	101095,02	101105,03	119145,40	120207,07	18882,07
	46500,00	270,97	4602,54	2,86	16,45	101325,00	101405,87	101054,03	101134,90	101137,76	105739,30	106010,39	4685,39
CATST-125-4T/3-25	98500,00	676,14	20638,02	11,33	34,84	101325,00	101687,87	100648,86	101011,73	101023,06	121656,60	122870,85	21545,85
CATST-125-4T/3-30	102600,00	771,93	22391,08	12,21	36,29	101325,00	101718,71	100553,07	100946,78	100958,99	123345,22	124662,61	23337,61
CATST-125-4/8T/3-27	102600,00	701,75	22391,08	12,21	36,29	101325,00	101718,71	100623,25	101016,96	101029,17	123415,39	124732,78	23407,78
	52500,00	342,86	5866,24	3,57	18,57	101325,00	101428,09	100982,14	101085,23	101088,79	106953,76	107299,16	5974,16
CATST-125-4/8T/3-37	109800,00	918,03	25642,48	13,84	38,83	101325,00	101775,91	100406,97	100857,87	100871,72	126508,63	128017,32	26692,32
	56000,00	417,86	6674,07	4,01	19,81	101325,00	101442,29	100907,14	101024,43	101028,45	107701,07	108093,97	6768,97
CATST-125-4T/3-40	117000,00	923,08	29114,14	15,57	41,38	101325,00	101836,98	100401,92	100913,90	100929,47	130037,29	131750,24	30425,24
CATST-125-4/8T/3-40	117000,00	1076,92	29114,14	15,57	41,38	101325,00	101836,98	100248,08	100760,06	100775,62	129883,45	131596,39	30271,39
	58500,00	492,31	7282,98	4,35	20,69	101325,00	101453,00	100832,69	100960,69	100965,03	108246,43	108675,13	7350,13
CATST-125-4T/6-20	80500,00	670,81	13786,80	7,81	28,47	101325,00	101567,37	100654,19	100896,56	100904,37	114688,18	115499,40	14174,40
CATST-125-4/8T/6-20	80500,00	626,09	13786,80	7,81	28,47	101325,00	101567,37	100698,91	100941,28	100949,09	114732,90	115544,12	14219,12
	40500,00	311,11	3491,88	2,22	14,32	101325,00	101386,35	101013,89	101075,24	101077,46	104568,58	104774,38	3449,38
CATST-125-4/8T/6-22	89100,00	686,87	16888,40	9,42	31,51	101325,00	101621,92	100638,13	100935,05	100944,47	117829,20	118822,87	17497,87
	44000,00	351,82	4121,17	2,58	15,56	101325,00	101397,41	100973,18	101045,59	101048,17	105168,44	105411,23	4086,23
CATST-125-4T/6-25	96300,00	691,59	19726,79	10,87	34,06	101325,00	101671,84	100633,41	100980,26	100991,12	120713,63	121874,28	20549,28
CATST-125-4/8T/6-27	96300,00	747,66	19726,79	10,87	34,06	101325,00	101671,84	100577,34	100924,18	100935,05	120657,56	121818,20	20493,20
	47500,00	378,95	4802,53	2,97	16,80	101325,00	101409,39	100946,05	101030,44	101033,41	105834,89	106117,74	4792,74
CATST-125-4T/6-30	102000,00	776,47	22130,07	12,08	36,08	101325,00	101714,12	100548,53	100937,65	100949,73	123075,00	124377,04	23052,04
CATST-125-4/8T/6-37	102000,00	988,24	22130,07	12,08	36,08	101325,00	101714,12	100336,76	100725,88	100737,97	122863,24	124165,27	22840,27
	52000,00	450,00	5755,09	3,50	18,39	101325,00	101426,13	100875,00	100976,13	100979,64	106733,47	107072,33	5747,33
CATST-125-4T/6-40	117350,00	920,32	29288,52	15,65	41,50	101325,00	101840,05	100404,68	100919,72	100935,38	130217,54	131940,74	30615,74

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-125-4/8T/6-40	117350,00	1073,71	29288,52	15,65	41,50	101325,00	101840,05	100251,29	100766,34	100781,99	130064,15	131787,36	30462,36
	58500,00	492,31	7282,98	4,35	20,69	101325,00	101453,00	100832,69	100960,69	100965,03	108246,43	108675,13	7350,13
CATST-125-4T/6-50	130000,00	1024,62	35940,25	18,91	45,98	101325,00	101957,08	100300,38	100932,46	100951,37	136883,82	138998,43	37673,43
CATST-125-4T/9-25	65000,00	1024,62	8990,46	5,27	22,99	101325,00	101483,02	100300,38	100458,40	100463,68	109452,19	109981,30	8656,30
CATST-125-4/8T/9-22	65000,00	941,54	8990,46	5,27	22,99	101325,00	101483,02	100383,46	100541,48	100546,75	109535,26	110064,38	8739,38
	32500,00	476,31	2249,12	1,49	11,49	101325,00	101364,50	100848,69	100888,20	100889,68	103138,31	103271,06	1946,06
CATST-125-4T/9-30	74000,00	1070,27	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100254,73	100459,54	100466,23	112114,82	112800,42	11475,42
CATST-125-4/8T/9-27	74000,00	972,97	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100352,03	100556,83	100563,53	112212,12	112897,72	11572,72
	37500,00	480,00	2993,96	1,93	13,26	101325,00	101377,60	100845,00	100897,60	100899,52	103892,83	104069,36	2744,36
CATST-125-4/8T/9-37	82000,00	1229,27	14305,15	8,08	29,00	101325,00	101576,48	100095,73	100347,22	100355,30	114657,34	115499,05	14174,05
	42000,00	557,14	3755,20	2,37	14,85	101325,00	101390,98	100767,86	100833,83	100836,20	104590,59	104811,86	3486,86
CATST-125-4T/9-40	92000,00	1173,91	18005,15	9,99	32,54	101325,00	101641,56	100151,09	100467,65	100477,64	118478,88	119538,24	18213,24
CATST-125-4/8T/9-40	92000,00	1369,57	18005,15	9,99	32,54	101325,00	101641,56	99955,43	100272,00	100281,99	118283,22	119342,59	18017,59
	46000,00	626,09	4504,14	2,80	16,27	101325,00	101404,14	100698,91	100778,05	100780,85	105284,01	105549,32	4224,32
CATST-125-4T/9-50	109000,00	1222,02	25270,34	13,66	38,55	101325,00	101769,36	100102,98	100547,34	100561,00	125825,85	127312,64	25987,64
CATST-125-6T/3-4	51000,00	211,76	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	101113,24	101210,52	101213,90	106748,66	107074,64	5749,64
CATST-125-6/12T/3-4	51000,00	197,65	5535,97	3,38	18,04	101325,00	101422,28	101127,35	101224,63	101228,01	106762,78	107088,75	5763,75
	25500,00	98,82	1384,95	0,96	9,02	101325,00	101349,32	101226,18	101250,50	101251,45	102636,11	102718,06	1393,06
CATST-125-6T/3-5,5	58000,00	248,28	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	101076,72	101202,54	101206,82	108364,34	108785,75	7460,75
CATST-125-6/12T/3-5,5	58000,00	235,86	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	101089,14	101214,95	101219,23	108376,75	108798,17	7473,17
	29000,00	124,14	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	101200,86	101232,32	101233,52	103024,12	103129,94	1804,94
CATST-125-6T/3-7,5	66000,00	300,00	9269,09	5,42	23,34	101325,00	101487,92	101025,00	101187,92	101193,34	110460,42	111005,92	9680,92
CATST-125-6/12T/3-7,5	66000,00	272,73	9269,09	5,42	23,34	101325,00	101487,92	101052,27	101215,19	101220,61	110487,69	111033,19	9708,19
	33000,00	141,82	2318,82	1,53	11,67	101325,00	101365,73	101183,18	101223,91	101225,44	103543,75	103680,59	2355,59
CATST-125-6T/3-10	74000,00	364,86	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100960,14	101164,94	101171,63	112820,23	113505,83	12180,83

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-125-6/12T/3-10	74000,00	350,27	11651,12	6,69	26,17	101325,00	101529,81	100974,73	101179,54	101186,23	112834,82	113520,42	12195,42
	37000,00	175,14	2914,69	1,88	13,09	101325,00	101376,20	101149,86	101201,07	101202,95	104117,00	104288,87	2963,87
CATST-125-6T/3-15	87500,00	452,57	16287,56	9,11	30,95	101325,00	101611,35	100872,43	101158,78	101167,89	117451,91	118410,24	17085,24
CATST-125-6/12T/3-15	87500,00	452,57	16287,56	9,11	30,95	101325,00	101611,35	100872,43	101158,78	101167,89	117451,91	118410,24	17085,24
	43750,00	246,86	4074,49	2,56	15,47	101325,00	101396,59	101078,14	101149,73	101152,29	105225,89	105465,94	4140,94
CATST-125-6T/3-20	88500,00	610,17	16661,81	9,30	31,30	101325,00	101617,93	100714,83	101007,76	101017,06	117675,26	118655,60	17330,60
CATST-125-6/12T/3-24	88500,00	691,53	16661,81	9,30	31,30	101325,00	101617,93	100633,47	100926,41	100935,71	117593,90	118574,24	17249,24
	44250,00	349,83	4168,11	2,61	15,65	101325,00	101398,23	100975,17	101048,40	101051,01	105218,21	105463,76	4138,76
CATST-125-6T/6-5,5	53000,00	271,70	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101053,30	101158,36	101161,99	107139,15	107491,14	6166,14
CATST-125-6/12T/6-5,5	53000,00	258,11	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	101066,89	101171,95	101175,57	107152,73	107504,73	6179,73
	26500,00	135,85	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101189,15	101215,42	101216,44	102711,76	102800,23	1475,23
CATST-125-6T/6-7,5	58000,00	341,38	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	100983,62	101109,44	101113,72	108271,24	108692,65	7367,65
CATST-125-6/12T/6-7,5	58000,00	310,34	7159,07	4,28	20,51	101325,00	101450,82	101014,66	101140,47	101144,75	108302,27	108723,69	7398,69
	29000,00	161,38	1790,99	1,21	10,26	101325,00	101356,45	101163,62	101195,07	101196,28	102986,88	103092,70	1767,70
CATST-125-6T/6-10	72200,00	373,96	11091,45	6,40	25,54	101325,00	101519,96	100951,04	101146,00	101152,40	112241,44	112894,12	11569,12
CATST-125-6/12T/6-10	72200,00	359,00	11091,45	6,40	25,54	101325,00	101519,96	100966,00	101160,96	101167,36	112256,40	112909,08	11584,08
	36100,00	179,50	2774,69	1,80	12,77	101325,00	101373,74	101145,50	101194,24	101196,04	103970,12	104133,76	2808,76
CATST-125-6T/6-15	85000,00	465,88	15370,53	8,63	30,06	101325,00	101595,22	100859,12	101129,34	101137,97	116505,17	117409,55	16084,55
CATST-125-6/12T/6-15	85000,00	465,88	15370,53	8,63	30,06	101325,00	101595,22	100859,12	101129,34	101137,97	116505,17	117409,55	16084,55
	42500,00	254,12	3845,10	2,42	15,03	101325,00	101392,56	101070,88	101138,44	101140,86	104985,12	105211,68	3886,68
CATST-125-6T/6-20	95000,00	568,42	19198,01	10,60	33,60	101325,00	101662,54	100756,58	101094,12	101104,72	120298,56	121428,10	20103,10
CATST-125-6/12T/6-24	95000,00	644,21	19198,01	10,60	33,60	101325,00	101662,54	100680,79	101018,33	101028,93	120222,77	121352,31	20027,31
	47500,00	325,89	4802,53	2,97	16,80	101325,00	101409,39	100999,11	101083,49	101086,46	105887,95	106170,80	4845,80
CATST-125-6T/9-10	53000,00	509,43	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	100815,57	100920,63	100924,25	106901,41	107253,41	5928,41

## Diseño de un banco de ventiladores

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
CATST-125-6/12T/9-10	53000,00	489,06	5978,46	3,63	18,74	101325,00	101430,06	100835,94	100941,00	100944,63	106921,79	107273,78	5948,78
	26500,00	244,53	1495,65	1,03	9,37	101325,00	101351,26	101080,47	101106,74	101107,76	102603,08	102691,55	1366,55
CATST-125-6T/9-15	70500,00	561,70	10575,51	6,12	24,93	101325,00	101510,89	100763,30	100949,19	100955,31	111528,53	112150,87	10825,87
CATST-125-6/12T/9-15	70500,00	561,70	10575,51	6,12	24,93	101325,00	101510,89	100763,30	100949,19	100955,31	111528,53	112150,87	10825,87
	35250,00	306,38	2645,62	1,72	12,47	101325,00	101371,47	101018,62	101065,09	101066,81	103711,86	103867,91	2542,91
CATST-125-6T/9-20	86500,00	624,28	15917,56	8,92	30,59	101325,00	101604,84	100700,72	100980,57	100989,48	116903,59	117840,15	16515,15
CATST-125-6/12T/9-24	86500,00	707,51	15917,56	8,92	30,59	101325,00	101604,84	100617,49	100897,33	100906,25	116820,35	117756,91	16431,91
	43250,00	357,92	3981,93	2,50	15,30	101325,00	101394,96	100967,08	101037,04	101039,54	105020,61	105255,22	3930,22

Extractores helicoidales con marco cuadrado con  
Certificación ATEX

Modelo Ventilador	Q(m3/h)	ΔP(pa)	Perd1_3(Pa)	Perd3_4(Pa)	VTAs(m2/s)	P5(Pa)	Psg5(Pa)	P4(Pa)	Psg4(Pa)	Psg3(Pa)	P1(Pa)	Psg1(Pa)	ΔP_Aux(pa)
HCSF-56-4T	10500,00	188,57	235,06	0,19	3,71	101325,00	101329,12	101136,43	101140,55	101140,74	101375,75	101390,16	65,16
HCSF-56-6T	8400,00	107,14	150,48	0,13	2,97	101325,00	101327,64	101217,86	101220,50	101220,63	101371,07	101380,52	55,52

## **APÉNDICE E**

### **Curvas características del ventilador auxiliar**

## Índice

### Capítulo 1.

1.	Caracterización del ventilador auxiliar	133
----	---	-----

### Capítulo 2.

2.	Pérdidas de carga en la instalación de ensayo	133
2.1.	Pérdidas para circuitos normalizados	134
2.1.1.	Pérdidas de carga en el tramo 1-2	135
2.1.2.	Pérdidas de carga en el tramo 2-3	136
2.1.3.	Pérdidas de carga en el tramo 3-4	138
2.1.4.	Pérdidas de carga totales	139

### Capítulo 3.

3.	Determinación del salto de presión del ventilador auxiliar	140
3.1.	Cálculo del caudal másico	140
3.2.	Cálculo de la presión del ventilador auxiliar	142

### Capítulo 4.

4.	Gama de ventiladores a ensayar	145
4.1.	Salto de presión requerido en el ventilador auxiliar	148

### Capítulo 5.

5.	Gráficos del ventilador auxiliar	149
----	----------------------------------	-----

### Capítulo 6.

6.	Catálogo ventilador auxiliar	152
----	------------------------------	-----



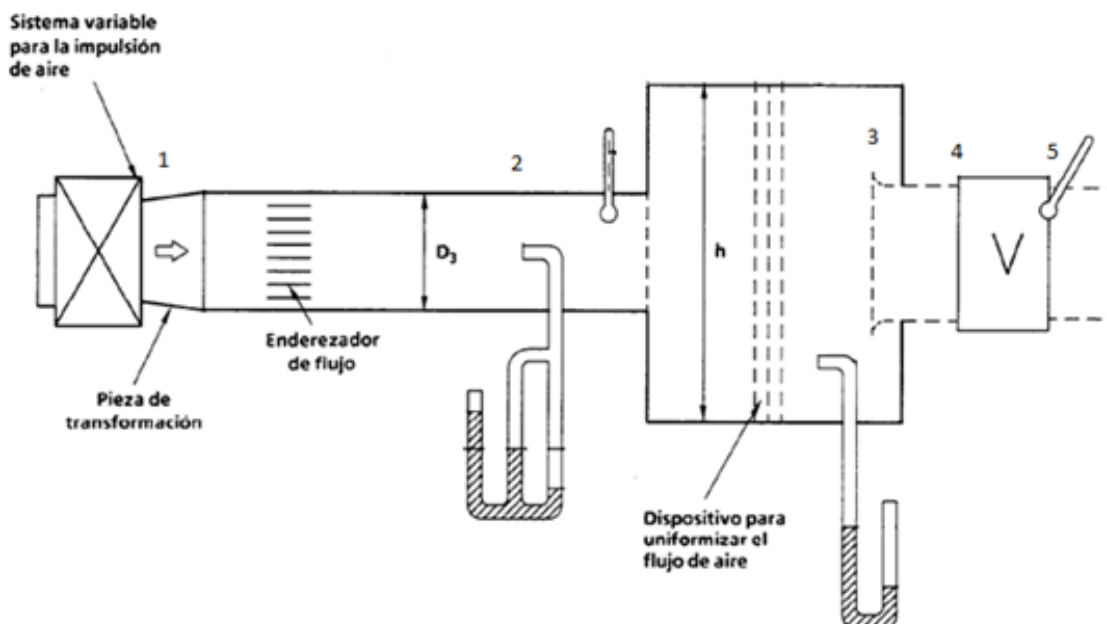
## 1. Caracterización del ventilador auxiliar

Este ventilador auxiliar debe tener prestaciones que permitan, para el caudal de ensayo, vencer la pérdida de carga del conducto de ensayo. Para el ajuste del caudal será necesario emplear sistemas como compuertas, variación de velocidad o del ángulo de los álabes. En los ventiladores auxiliares no debe presentarse régimen pulsatorio durante el ensayo.

## 2. Pérdidas de carga en la instalación de ensayo

La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de energía específica del fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las contiene. Las pérdidas pueden ser continuas, primarias a lo largo de conductos circulares, o localizadas, secundarias debido a circunstancias particulares o cambios de sección, como estrechamientos, cambios de dirección, presencia de válvulas, etc. El caudal será suministrado por el sistema variable de impulsión de aire.

En la instalación de ensayo se distinguen los siguientes puntos:



**Figure 33** Localización de puntos en la instalación de ensayo

Según la **Figure 33** se consideran los siguientes puntos característicos de la instalación de

ensayo:

- Punto 1 Salida del ventilador auxiliar
- Punto 2 Anillo piezométrico en el tubo de impulsión
- Punto 3 Anillo piezométrico en la cámara de ensayo
- Punto 4 Entrada del ventilador de ensayo
- Punto 5 Salida del ventilador de ensayo

## **2.1. Pérdidas para circuitos normalizados**

Para la determinación de la pérdida de carga en el tramo de impulsión de aire y cámara de ensayo se realiza mediante el apartado 28.5.2. de la normativa UNE-EN ISO 5801.

Las pérdidas de carga producidas por la fricción del aire en ensayos hechos en circuitos normalizados. Estas pérdidas dependen del número de Reynolds,  $Re_D$ , del flujo en el circuito de ensayos, y se basan en el flujo completamente desarrollado en conductos no rugosos, independientemente del patrón de caudal producido por el ventilador.

En el siguiente apartado se ha realizado una estimación de las pérdidas de carga en función del caudal que suministre el sistema variable de impulsión de aire. El ventilador auxiliar debe proporcionar el caudal y el salto de presión para vencer la pérdida de carga del conducto de ensayo.

Los caudales van desde los 180  $m^3/h$  hasta los 140000  $m^3/h$  para la gama de ventiladores que nos proporciona el cliente.

En el circuito normalizado de la instalación tenemos las siguientes pérdidas:

Tramo 1 - 2: Salida del ventilador auxiliar hasta punto piezométrico:

Elementos que producen pérdida de carga:

- Enderezador de caudal
- Punto piezo métrico

Tramo 2 – 3: Punto piezométrico hasta toma de presión cámara de ensayo.

Elementos que producen pérdida de carga:

- Ensanchamiento brusco
- Uniformizador de flujo

Tramo 3 – 4: Camara de ensayo hasta ventilador de ensayo

Elemento que produce la pérdida de carga:

- Contracción de caudal

### 2.1.1. Pérdidas de carga en el tramo 1-2

Se considera el tramo 1-2 desde la salida del sistema variable para la impulsión de aire hasta donde está la pieza de medición con tubos pitots. La determinación de las perdida de carga en el tramo 1-2 se realiza mediante el apartado 28.6.1. de la normativa UNE-EN ISO 5801.

El coeficiente de perdidas por fricción para una longitud de un diámetro en un conducto recto viene dado por la siguiente expresión:

$$\Lambda = 0,005 + 0,42(Re_D)^{-0,3} \quad (55)$$

El coeficiente de pérdidas en un enderezador incluyendo el conducto externo viene dado por:

$$\xi_s = 0,95(Re_D)^{-0,12} \quad (56)$$

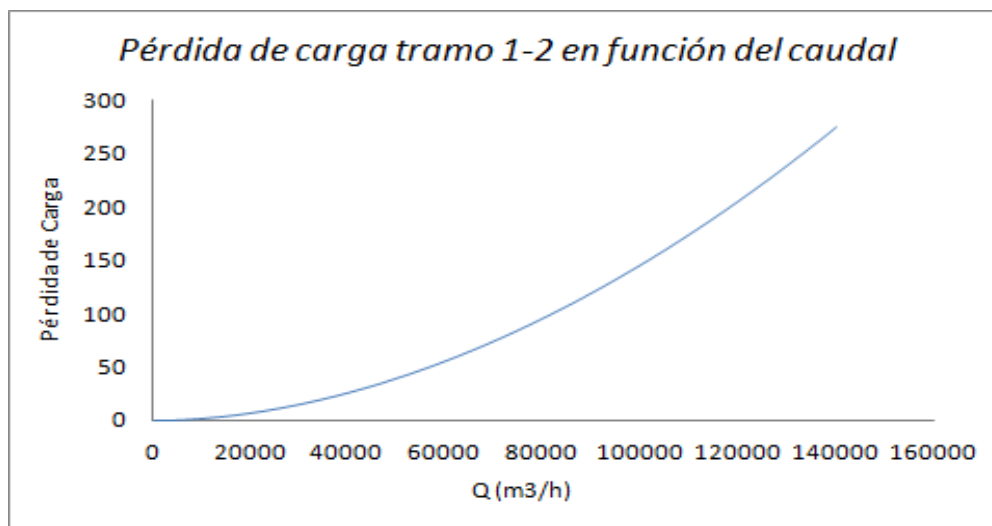
y el coeficiente de pérdidas ( $\xi_{1-2}$ ) entre la salida del ventilador y el plano de medición de tubos Pitot está dado por la siguiente expresión:

$$\xi_{1-2} = 3\Lambda + \xi_s \quad (58)$$

$$\xi_{1-2} = 0,015 + 1,26(Re_D)^{-0,3} + 0,95(Re_D)^{-0,12} \quad (59)$$

Las pérdidas entre los dos planos considerados están dadas por la siguiente ecuación:

$$\Delta p_{1-2} = \xi_{1-2} \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (Pa) \quad (60)$$



**Figure 34** Pérdida de carga tramo 1-2 en función del caudal

### 2.1.2. Pérdidas de carga en el tramo 2-3

Se considera el tramo 2-3 desde la salida de la pieza de medición de tubo de Pitots hasta la toma de presión en el interior de la cámara de aspiración. Las pérdidas de presión debidas por fricción son despreciables ya que al estar trabajando dentro de la cámara de aspiración la velocidad es pequeña y las longitudes son cortas.

Por tanto únicamente tenemos pérdidas secundarias que son las siguientes:

- a) Pérdidas secundarias debidas a un ensanchamiento brusco.

Las pérdidas secundarias debidas a un ensanchamiento brusco se calculan de la siguiente manera, considerando la diferencia entre el diámetro del conducto de impulsión y el diámetro de la cámara de ensayo:

$$K_a = \left( 1 - \left( \frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right)^2 = \left( 1 - \left( \frac{1}{3,6} \right)^2 \right)^2 = 0,8516 \quad (61)$$

b) Pérdidas secundarias debido a los dispositivos para uniformizar el flujo.

Este dispositivo, según la normativa, consta con tres telas de alambre o pantallas de chapas perforadas adecuadamente sujetas y selladas a la pared de la cámara con un 60%, 50% y 45% sucesivamente de área libre en la dirección del flujo. Se puede considerar que esta pérdida secundaria es debida a un filtro y puede calcularse en función % de área de paso “r” mediante la expresión::

$$K_b = 1,3(1 - r) + \left(\frac{1}{r} - 1\right)^2 \quad (62)$$

Aplicada la ecuación (62) a las tres reducciones de sección tenemos:

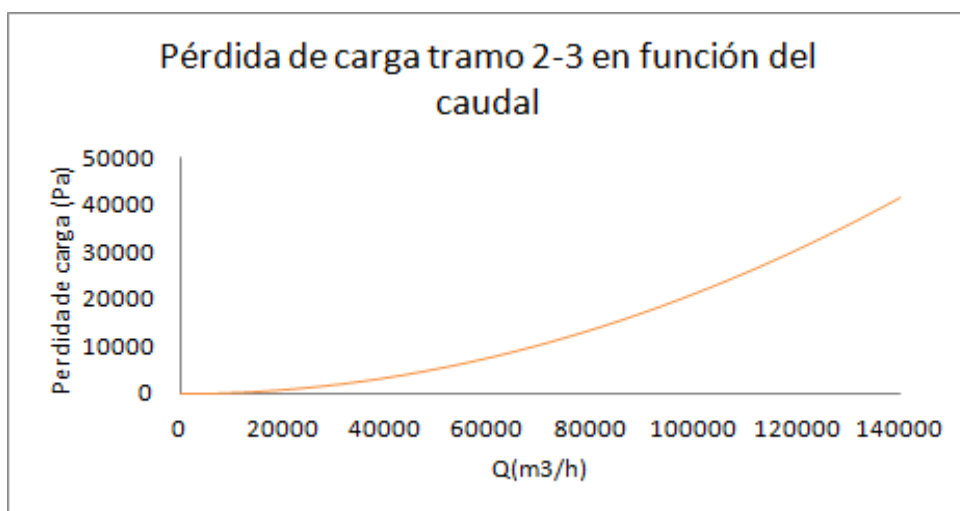
r	K
0,6	0,9644
0,5	1,65
0,45	2,2088

Sumando todos estos valores queda:

$$K_b = 4,8233$$

Las pérdidas entre los dos planos considerados están dadas por la siguiente ecuación:

$$\Delta p_{2-3} = (K_a + K_b) \frac{1}{2} \frac{V^2}{g} 9800 \text{ (Pa)} \quad (63)$$



**Figure 35** Pérdida de carga en función del caudal en el tramo 2-3

### 2.1.3. Pérdidas de carga en el tramo 3-4

Se considera el tramo 3-4 desde la toma de presión en el interior de la cámara de aspiración hasta la entrada del ventilador de ensayo. La determinación de las pérdida de carga en el tramo 1-2 se realiza mediante el apartado 28.6.4. de la normativa UNE-EN ISO 5801.

El coeficiente de pérdidas por fricción para una longitud de un diametro en un conducto recto viene dado por la siguiente ecuación:

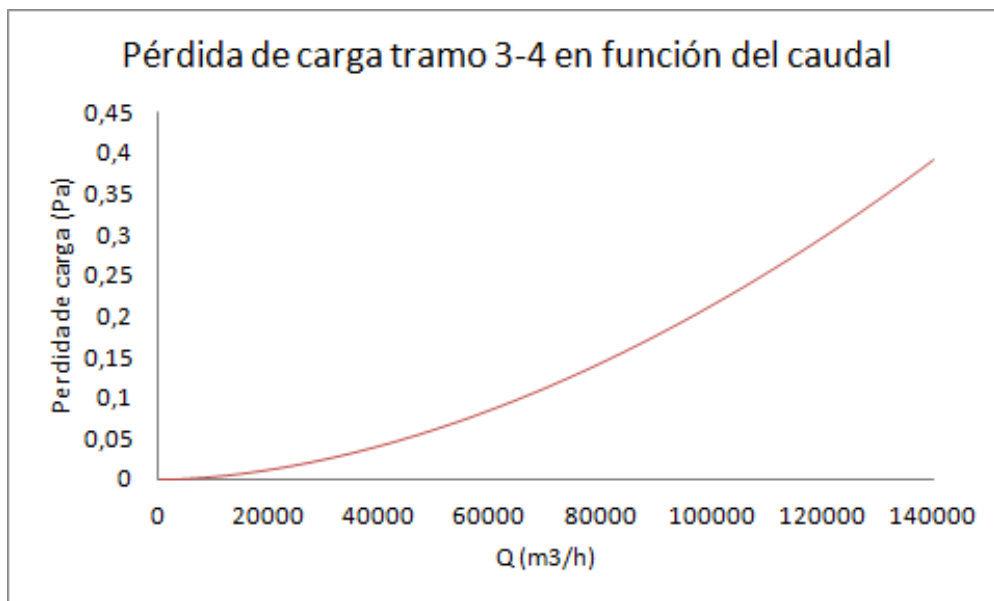
$$\Lambda = 0,005 + 0,42(Re_D)^{-0,3} \quad (64)$$

El coeficiente de pérdidas ( $\xi_{3-4}$ ) entre la toma de presión en el interior de la cámara de aspiración hasta la entrada del ventilador de ensayo:

$$\xi_{3-4} = 3\Lambda \quad (65)$$

Las pérdidas entre los dos planos considerados están dadas por la siguiente expresión:

$$\Delta p_{3-4} = \xi_{3-4} \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (Pa) \quad (66)$$

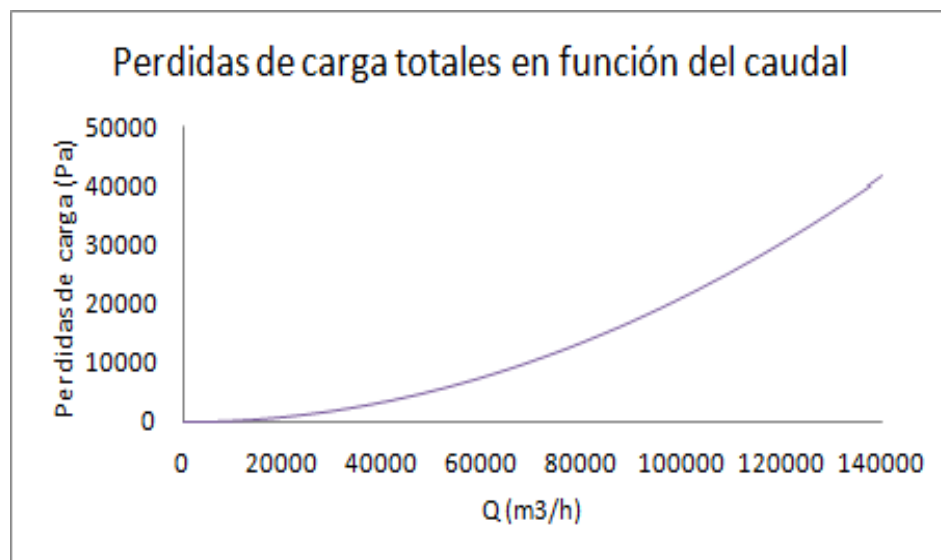


**Figure 36** Pérdida de carga en función del caudal en el tramo 3-4

**2.1.4. Pérdidas de carga totales**

Se determinan las pérdidas de carga totales entre el sistema variable para la impulsión de aire hasta la entrada del ventilador de ensayo. Se obtiene sumando todas las pérdidas de carga parciales de cada uno de los tramos:

$$\Delta p_{Total} = \xi_{1-2} \frac{1}{2} \rho V^2 + (K_a + K_b) \frac{1}{2} \frac{V^2}{g} 9800 + \xi_{3-4} \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (Pa) \quad (67)$$



**Figure 37** Pérdida de carga totales

### 3. Determinación del salto de presión del ventilador auxiliar

La determinación del salto de presión que debe de suministrar el ventilador auxiliar se hace mediante el apartado 32.3.3.2.1. de la normativa UNE-EN ISO 5801. Este procedimiento debería aplicarse cuando tanto el numero mas Mach de referencia  $Ma_{2ref}$  sea menor que 0,15 como cuando el ratio de presión sea mayor de 1,02.

#### 3.1. Cálculo del caudal másico

La presión estática es directamente proporcional a la lectura del manómetro

$$p_e^{(i)} = \rho_o g h_{e(mmH_2O)}^{(i)} = g h_{e(mmH_2O)}^{(i)} \quad (68)$$

En adelante, la lectura manométrica estática local expresada en mm de agua en el punto  $i$  de la sección  $k$  se denotará mediante por  $h_{ek(i)}$ .

La presión estática manométrica en una sección, por ejemplo, en PL.3, se define por el valor medio de las medidas del anillo piezométrico

$$p_{e3} = \frac{\sum p_{e3r}}{n} \quad h_{e3} = \frac{\sum h_{e3(i)}}{n} \quad (69)$$

La presión dinámica en cada lectura del Pitot es directamente proporcional a la lectura del manómetro diferencial

$$p_d^{(i)} = \frac{1}{2} \rho U_i^2 = \rho_o g h_{d(mmH_2O)}^{(i)} = g h_{d(mmH_2O)}^{(i)} \quad (70)$$



Y la velocidad local del flujo en la posición (i) del Pitot será, por tanto,

$$U_i = \sqrt{2g \frac{h_{d(mmH_2O)}^{(i)}}{\rho}} \quad (71)$$

La velocidad media en la sección se obtendrá promediando las medidas de todas las posiciones del tubo de Pitot en cada sección. Por ejemplo, en la sección 3:

$$U_3 = \sqrt{\frac{2g}{\rho_3} \frac{\sum \sqrt{h_{d(mmH_2O)}^{(i)}}}{n}} \quad (72)$$

Y consecuentemente, la presión dinámica en PL.3 se define como el valor medio de las medidas del anillo piezométrico

$$h_{d3(mmH_2O)} = \left( \frac{\sum_i \sqrt{h_{d(mmH_2O)}^{(i)}}}{n} \right)^2 \quad (73)$$

La velocidad puede obtenerse a partir de la lectura de presión dinámica  $h_{d3}$  del manómetro del Pitot, siendo

$$u_3 = \sqrt{2g \frac{\rho}{\rho_3} h_{d3}} \quad (74)$$

Con los valores habituales para la gravedad y la densidad del agua, la norma indica la expresión

$$u_3 = 4,429 \sqrt{\frac{p_{d3}}{\rho_3}} \quad (75)$$

donde  $p_{d3}$  se expresa en mm de H<sub>2</sub>O.

El caudal en PL.3 se obtiene y el caudal del ventilador, según la conservación de masa, queda:

$$Q_3 = U_3 A_3 \quad Q = Q_3 \left( \frac{\rho_3}{\rho} \right) \quad (76)$$

### 3.2. Cálculo de la presión del ventilador auxiliar

Para el cálculo de la presión del ventilador auxiliar, se procede a la definición de las distintas presiones que hay a lo largo de la instalación considerando las pérdidas de carga explicadas en el apartado anterior.

- Presión del ventilador de ensayo:

La presión del ventilador,  $p_{fC}$ , y la presión estática del ventilador,  $p_{sgC}$ , vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

$$p_{fC} = p_{sg5} + p_{sg4} \quad (77)$$

$$p_{sfC} = p_5 + p_{sg4} = p_a + p_{sg4} = p_{esg4} \quad (78)$$

Se definen las condiciones a de la impulsión del ventilador de ensayo:

$$p_5 = p_a \quad (79)$$

$$p_{sg5} = p_5 + \frac{\rho V_{m5}^2}{2} = p_a + \frac{\rho V_{m5}^2}{2} \quad (80)$$

$$p_{esg5} = p_a \quad (81)$$

La presión estática a la que trabaja el ventilador de ensayo,  $p_4$ , se determina por la siguiente expresión:

$$p_{e4} = p_{esg4} + \frac{\rho V_{m4}^2}{2} \quad (83)$$

$$p_4 = p_{sg4} + \frac{\rho V_{m4}^2}{2} \quad (84)$$

Considerando las pérdidas de carga en el tramo 3,  $\Delta p_{3-4}$ , la presión de remanso en la aspiración del ventilador de ensayo.

$$p_{esg4} = p_{esg3} - \Delta p_{3-4} \quad (85)$$

$$p_{sg4} = p_{sg3} - \Delta p_{3-4} \quad (86)$$

Considerando que la presión en la cámara de ensayo es una presión manométrica,  $p_{e3}$ , asumiendo:

$$f_{M3} = 1 \quad (87)$$

$$p_3 = p_{e3} + p_a \quad (88)$$

Podemos relacionar la presión en la cámara de ensayo con las pérdidas en el tramo de impulsión y de llenado de la cámara como:

$$p_{sg3} = p_3 + \frac{\rho V_{m3}^2}{2} = p_1 - (\Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3}) + \frac{\rho V_{m3}^2}{2} \quad (89)$$

$$p_{e3} = p_{sg3} + \frac{\rho V_{m3}^2}{2} \quad (90)$$

Por tanto, podemos obtener la presión en el lado de impulsión del ventilador auxiliar:

$$p_1 = p_3 + (\Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3}) \quad (91)$$

La presión del ventilador auxiliar,  $p_{fC}$ , y la presión estática del ventilador,  $p_{sgC}$ , vienen dadas por las siguientes ecuaciones:

$$p_{fC} = p_{sg1} - p_{sg0} \quad (92)$$

$$p_{sg1} = p_1 + \frac{\rho V_{m1}^2}{2} \quad p_{sg0} = p_0 = p_a \quad (93)$$

La presión del ventilador auxiliar queda definida por las pérdidas globales de la instalación y el ventilador que estemos ensayando. Por tanto, el ventilador auxiliar debe suministrar ese salto de presiones para poder realizar el ensayo según la normativa UNE-EN ISO 5801.

#### **4. Gama de ventiladores a ensayar**

Se ha determinado la presión del ventilador auxiliar para cada modelo de toda la gama de ventiladores que quiere caracterizar el fabricante.

Los modelos de ventiladores que se ensayarán en la instalación son:

- DTM: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor directo y turbina con álabes hacia delante
- CADTM: Unidades de ventilación, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie DTM
- DEM: Ventiladores centrífugos de doble aspiración con motor de rotor externo de alta eficiencia
- DTS: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia delante
- DTC: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura cúbica de gran rigidez para reforzar la envolvente
- DTR: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura
- DT: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia delante
- CADT/AL: Unidades de ventilación a transmisión con perfilera de aluminio, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de doble aspiración de la serie DTS, DTC y DTR
- DTS2: Ventiladores centrífugos duplex de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia delante
- DTC2: Ventiladores centrífugos duplex de doble aspiración a transmisión, con estructura cúbica de gran rigidez para reforzar la envolvente
- DTR2: Ventiladores centrífugos duplex de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura
- DTR3: Ventiladores centrífugos triplex de doble aspiración a transmisión, con estructura reforzada y rodamientos de puente rígido soportados sobre la estructura

*Diseño de un banco de ventiladores*

---

- DT-RE: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, con salida de eje por ambos lados y turbina con álabes hacia atrás
- DTT-RE: Ventiladores centrífugos de doble aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia atrás.
- CADT-RE: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia atrás, aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie DT-RE, sobre amortiguadores de goma
- ST-RE: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, con salida de eje y turbina con álabes hacia atrás
- STT-RE: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia atrás
- CAST-RE: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia atrás aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie ST-RE, sobre amortiguadores de goma
- ST, STR: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, con salida de eje y turbina con álabes hacia adelante
- STR F400: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, con salida de eje y turbina con álabes hacia adelante, homologados F-400/2h
- STT: Ventiladores centrífugos de simple aspiración a transmisión, equipados con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia adelante
- CAST: Unidades de ventilación con turbina de álabes hacia adelante aisladas acústicamente, equipadas con ventiladores de la serie ST, sobre amortiguadores de goma
- Unidades de ventilación, aisladas acústicamente con polietileno expandido e ignífugo (M1), equipadas con dos ventiladores para trabajo independiente y alternativo, para instalaciones donde sea necesario un ventilador de reserva
- Ventiladores centrífugos de alto rendimiento tipo PLUG FAN, para uso sin carcasa

*Diseño de un banco de ventiladores*

---

- SUVT-C: Unidades de extracción 400°C/2h, con motor y transmisión en el interior de la caja, para trabajar en el exterior en la zona de incendios
- SUVT: Unidades de extracción 400°C/2h, a transmisión y motor sobre la caja de ventilación
- Unidades de extracción 400°C/2h, a transmisión con ventilador de simple aspiración
- Extractores centrífugos y unidades de extracción 400 °C/2h para trabajar en el exterior de la zona de riesgo de incendios, accionados a transmisión con turbina a reacción
- Extractores en línea para conductos con cuerpo extraíble y tamaño reducido
- Extractores en línea para conductos, con bajo nivel sonoro montados dentro de una envolvente acústica.
- Extractores circulares en línea para conductos, con rodamientos a bolas de Larga Duración
- Extractores en línea para conductos rectangulares de bajo perfil, con tapa de inspección para facilitar la limpieza
- Unidades de extracción compactas de accionamiento directo
- Ventiladores helicoidales murales, con hélice en chapa de aluminio, motores de espira de sombra y cable de conexión incorporado.
- Ventiladores helicoidales murales (HAS) y tubulares (HTS)
- Ventiladores helicoidales tubulares de gran robustez
- Extractores de cubierta mixto (eólico + dinámico)
- Extractores centrífugos de tejado, con bajo nivel sonoro
- Extractores centrífugos de tejado 400°C/2h, con salida de aire horizontal o vertical
- Extractores helicoidales tubulares 400°C/2h y 300°C/1h
- Unidades de extracción helicoidales 400°C/2h y 300°C/1h, con caja aislada acústicamente
- Ventiladores de Impulso de gran alcance 400°C/2h y 300°C/1h, unidireccionales o reversibles
- Ventiladores centrífugos de inducción e impulso de gran alcance 300°C/1h, para trabajar dentro de la zona de riesgo de incendio, con bajo perfil

- 
- Unidades de extracción y extractores centrífugos de doble aspiración con motor directo, para trabajar inmersos en zonas de riesgo de incendio 400C/2h y 300°C/1h, con posibilidad de motor monofásico
  - Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración con envolvente y turbina en chapa de acero
  - Ventiladores centrífugos de media presión y simple aspiración, equipados con turbina con álabes hacia atrás y motor de rotor exterior
  - Ventiladores centrífugos de alta presión y simple aspiración
  - Extractores helicoidales con marco cuadrado con Certificación ATEX

#### 4.1. Salto de presión requerido en el ventilador auxiliar

En el capítulo 3 del presente apéndice, se ha demostrado la necesidad de un sistema variable para la impulsión de aire debido con determinadas prestaciones que permitan, para el caudal de ensayo, vencer la pérdida de carga el conducto.

Se ha realizado una estimación de las pérdidas de carga en función del caudal que sumistre el sistema variable de impulsión de aire. La determinación de las pérdidas de carga en el tramo de impulsión de aire y cámara de ensayo se realiza mediante el apartado 28.5.2. de la normativa UNE-EN ISO 5801.

$$\Delta p_{Total} = \xi_{1-2} \frac{1}{2} \rho V^2 + (K_a + K_b) \frac{1}{2} \frac{V^2}{g} 9800 + \xi_{3-4} \frac{1}{2} \rho V^2 \quad (Pa) \quad (94)$$

El ventilador auxiliar debe proporcionar el caudal y el salto de presión para vencer la pérdida de carga del conducto de ensayo. La determinación del salto de presión que debe de suministrar el ventilador auxiliar se hace mediante el apartado 32.3.3.2.1. de la normativa UNE-EN ISO 5801.

La presión del ventilador auxiliar queda definida por las pérdidas globales de la instalación y el ventilador que estemos ensayando. Por tanto, el ventilador auxiliar debe suministrar ese salto de presiones para poder realizar el ensayo según la normativa UNE-EN ISO 5801.

$$p_{fC} = p_{e3} + (\Delta p_{1-2} + \Delta p_{2-3}) \quad (95)$$

Donde  $p_{e3}$  se define por el valor medio de las medidas del anillo piezométrico.

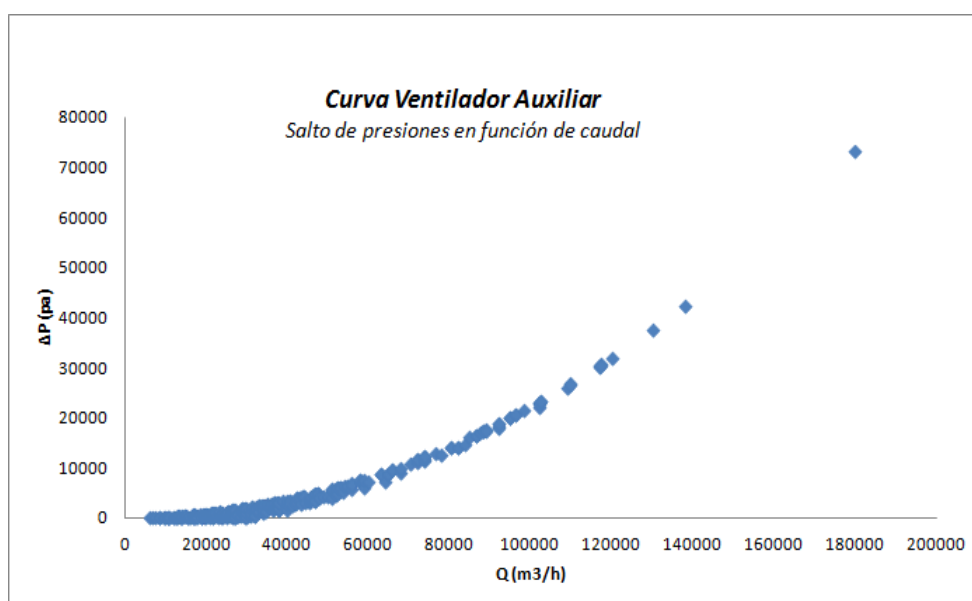


## 5. Curvas del ventilador auxiliar

Cada uno de los modelos de ventilador debe proporcionar un cierto salto de presión en función del caudal impulsado. Estos datos han sido recopilados en el apéndice “Punto de ensayo del ventilador industrial” en la página 100 del presente proyecto.

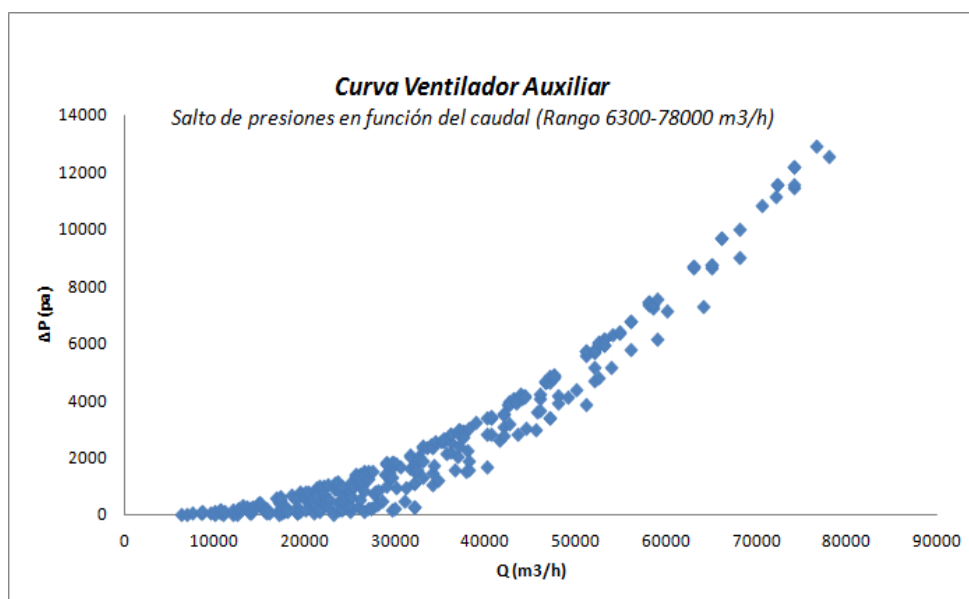
Se ha representado el salto de presión en función del caudal que está circulando por el banco de ensayos para obtener el comportamiento que debe de tener el ventilador auxiliar para que se pueda ensayar cada modelo de ventilador que tiene el fabricante.

La **Figure 38** representa que el salto de presión que debe proporcionar el ventilador auxiliar y el caudal que está circulando por el banco de ensayos están relacionadas. Como se observa en ella el salto de presión aumenta en función del caudal. Existe una acumulación de puntos en la parte izquierda de la gráfica por lo que es necesario aumentar dicha zona.



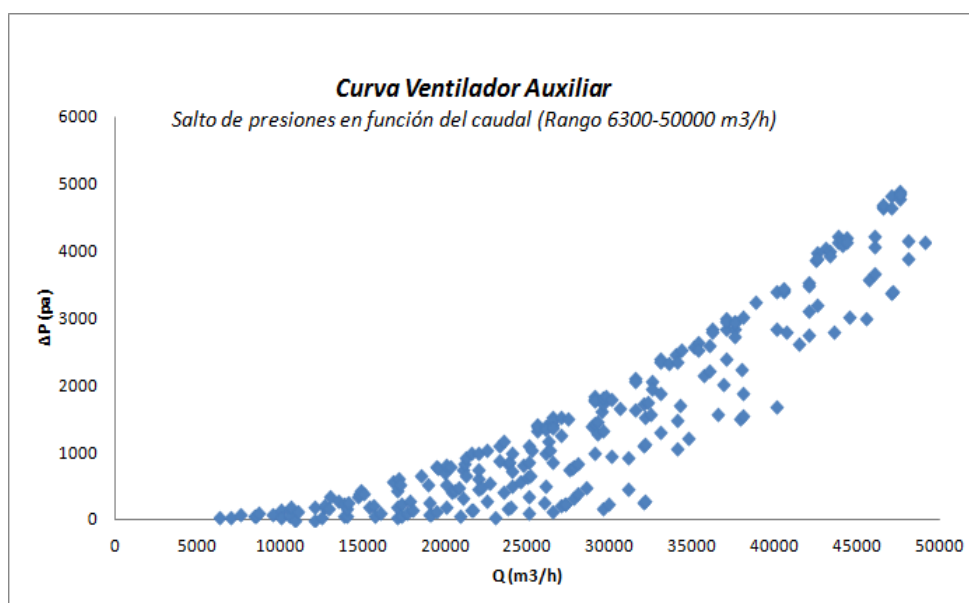
**Figure 38** Estimación de la curva del ventilador auxiliar

En la siguiente gráfica se ha realizado una ampliación para un rango de caudales de 6300 a 78000 m³/h. Se observa como en la parte izquierda de la gráfica sigue existiendo una acumulación de puntos pero en la parte derecha se observa el inicio de unas curvas paralelas entre si. Para seguir estudiando las gráficas se ha realizado otra ampliación.



**Figure 39** Estimación de la curva ventilador auxiliar (Rango 6300-78000 m³/h)

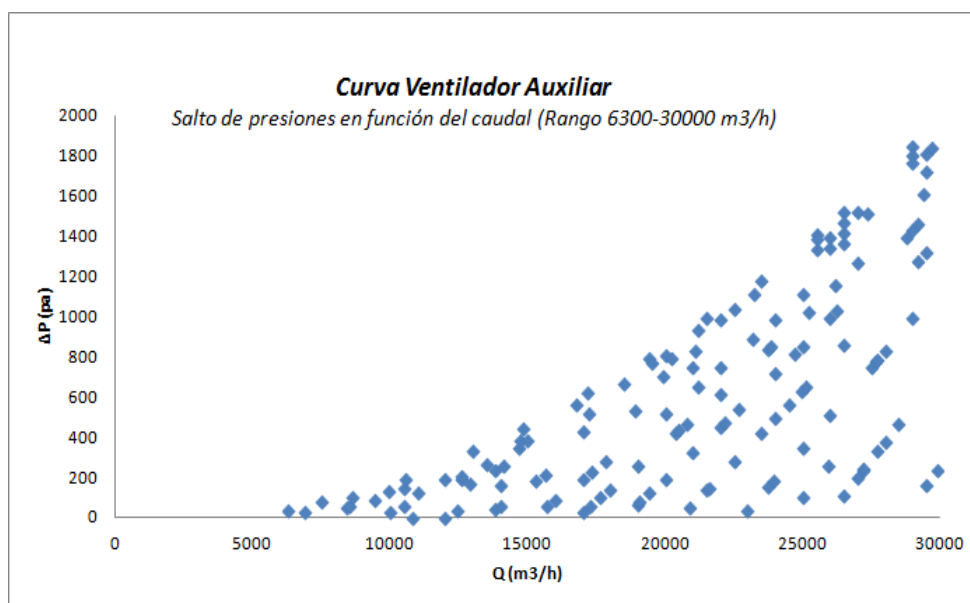
En la **Figure 40** se ha realizado una ampliación para un rango de caudales de 6300 a 50000 m³/h. Se observa como en la parte izquierda de la gráfica sigue existiendo una pequeña acumulación de puntos pero se observa una serie de curvas paralelas entre si. Se realiza otra ampliación de la gráfica.



**Figure 40** Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-50000 m³/h)

En la **Figure 41** se ha realizado una ultima ampliación para un rango de caudales de 6300 a 30000 m<sup>3</sup>/h. Se observa que existe una serie de curvas paralelas entre si donde el salto de presión aumenta en función del caudal.

Por tanto para ensayar cualquier modelo de ventilador, se debe instalar un ventilador auxiliar que pueda modular su punto de funcionamiento. Para el ajuste del punto de funcionamiento será necesario emplear sistemas como compuertas, variación de velocidad o del ángulo de los álabes.



**Figure 41** Estimación de la curva del ventilador auxiliar (Rango 6300-30000 m³/h)

La empresa Domingo Andreu S.L propone el siguiente modelo de ventilador auxiliar para el banco de ensayos de ventiladores:

**CVTDA: Caja de ventilación de doble aspiración, aislada acústicamente y térmicamente, con motor a transmisión**

Ventilador:

- Estructura de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico
- Turbina con álabes hacia adelante, en acero galvanizado

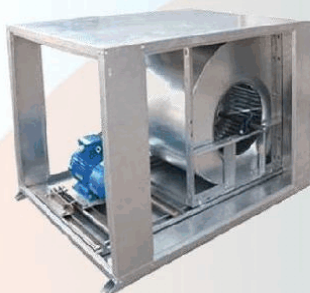
Motor:

- Motores de eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0.75 kW, monofásicos, y 2 velocidades

## 6. Catálogo ventilador auxiliar



### CVTDA



**CVTDA: Caja de ventilación de doble aspiración, aislada acústicamente y térmicamente, con motor a transmisión**

Ventilador:

- Estructura de acero galvanizado, con aislamiento térmico y acústico
- Turbina con álabes hacia adelante, en acero galvanizado

Motor:

- Motores de eficiencia IE-2, excepto potencias inferiores a 0.75 kW, monofásicos, y 2 velocidades
- Motores clase F, con rodamientos a bolas, protección IP55
- Monofásicos 230V.-50Hz., y trifásicos 230/400V.-50Hz. (hasta 5.5C.V.) y 400/690V.-50Hz. (potencias superiores a 5.5C.V.)
- Temperatura máxima del aire a transportar: -20°C.+60°C.

Acabado:

- Anticorrosivo de acero galvanizado

#### EN

**CVTDA: Soundproof belt-driven fan box unit fitted with double-inlet fan**

Fan:

- Galvanized sheet steel structure with thermal insulation and soundproofing.
- Impeller with forward-facing blades made from galvanized sheet steel

Motor:

- Motors with IE-2 efficiency, except for motors with lower powers than 0.75 kW, monophase motors or two-speed motors
- Class F motors with ball bearings, IP55 protection
- Single-phase 230V.-50Hz., and three-phase 230/400V.-50Hz. (up to 5.5C.V.) and 400/690V.-50Hz. (power over 5.5C.V.)
- Max. air temperature to transport: -20°C.+60°C.

Finish:

- Anticorrosive galvanized steel

#### FR

**CVTDA: Appareils de ventilation à transmission, isolés acoustiquement, équipé de ventilateur à double aspiration**

Ventilateur:

- Structure en tôle d'acier galvanisé avec isolation thermique et acoustique.
- Turbine avec pales vers l'avant en tôle d'acier galvanisé

Moteur:

- Moteurs efficacité IE-2, sauf puissances inférieures à 0,75 kW monophasé et 2 vitesses
- Moteurs classe F, avec roulements à billes, protection IP55
- Monophasés 230V.-50Hz., et triphasés 230/400V.-50Hz. (jusqu'à 5.5C.V.) et 400/690V.-50Hz. (puissances supérieures à 5.5C.V.)
- Température maximum de l'air à transporter: -20°C.+60°C.

Finition:

- Anticorrosion en tôle d'acier galvanisé

## Diseño de un banco de ventiladores



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## TECHNICAL CHARACTERISTICS

## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

## SERIE STANDAR

Modelo Model Modèle	Medidas ABC Measures ABC Mesures ABC (mm.)	Velocidad Speed Vitesse (r.p.m.)	Intensidad máxima admisible Maximum admissible current Intensité maximum admissible (A) 230 V 400 V 690V			Potencia instalada Installed Power Puissance installée (CV) (M/T) (kW)	Caudal máximo Maximum Airflow Débit maximum (m³/h)	Nivel sonoro Sound pressure level Niveau sonore (dB)	Peso aprox. Approx. Weight Poids approx. (kg)
QVTD 9/9 - 1/2	600x600x600	1050	3.30	1.90		1/2 II 0.37	2200	50	50.5
QVTD 9/9 - 3/4	600x600x600	1050	4.60	2.65		3/4 II 0.55	2950	54	53.5
QVTD 9/9 - 1.0	600x600x600	1100	5.30	3.05		1.0 II 0.75	3250	55	55.0
QVTD 9/9 - 1.5	600x600x600	1300	8.60	4.95		1.5 II 1.10	3800	59	57.5
QVTD 10/10 - 1/2	650x800x650	850	3.30	1.90		1/2 II 0.37	3000	51	54.0
QVTD 10/10 - 3/4	650x800x650	850	4.60	2.65		3/4 II 0.55	3850	55	56.0
QVTD 10/10 - 1.0	650x800x650	960	5.30	3.05		1.0 II 0.75	4200	57	57.5
QVTD 10/10 - 1.5	650x800x650	1050	8.60	4.95		1.5 II 1.10	4850	60	60.5
QVTD 10/10 - 2.0	650x800x650	1150	6.00	3.45		2.0 III 1.50	5450	62	63.5
QVTD 12/12 - 1/2	720x870x720	600	3.30	1.90		1/2 II 0.37	4200	51	67.5
QVTD 12/12 - 3/4	720x870x720	700	4.60	2.65		3/4 II 0.55	4850	53	70.0
QVTD 12/12 - 1.0	720x870x720	800	5.30	3.05		1.0 II 0.75	5350	56	71.5
QVTD 12/12 - 1.5	720x870x720	850	8.60	4.95		1.5 II 1.10	5850	58	74.5
QVTD 12/12 - 2.0	720x870x720	960	6.00	3.45		2.0 III 1.50	6550	61	77.5
QVTD 12/12 - 3.0	720x870x720	1200	8.40	4.85		3.0 III 2.20	7450	64	86.0
QVTD 15/15 - 3/4	790x1040x790	550	4.60	2.65		3/4 II 0.55	5900	48	84.0
QVTD 15/15 - 1.0	790x1040x790	600	5.30	3.05		1.0 II 0.75	6550	51	85.5
QVTD 15/15 - 1.5	790x1040x790	650	8.60	4.95		1.5 II 1.10	7500	53	89.0
QVTD 15/15 - 2.0	790x1040x790	700	6.00	3.45		2.0 III 1.50	8150	55	91.5
QVTD 15/15 - 3.0	790x1040x790	750	8.40	4.85		3.0 III 2.20	9520	58	100.5
QVTD 15/15 - 4.0	790x1040x790	800	11.2	6.50		4.0 III 3.0	10650	60	102.0
QVTD 15/15 - 5.5	790x1040x790	970	15.0	8.65		5.5 III 4.0	12100	62	107.0
QVTD 18/18 - 1.5	870x1120x870	500	8.60	4.95		1.5 II 1.10	9050	47	121.0
QVTD 18/18 - 2.0	870x1120x870	600	6.00	3.45		2.0 III 1.50	9300	50	124.0
QVTD 18/18 - 3.0	870x1120x870	600	8.40	4.85		3.0 III 2.20	11500	53	132.5
QVTD 18/18 - 4.0	870x1120x870	650	11.2	6.50		4.0 III 3.0	13300	55	134.5
QVTD 18/18 - 5.5	870x1120x870	680	15.0	8.65		5.5 III 4.0	15100	57	140.0
QVTD 18/18 - 7.5	870x1120x870	760	11.4	6.60		7.5 III 5.50	17100	59	153.0
QVTD 20/20 - 4.0	1125x1405x1060	600	11.2	6.50		4.0 III 3.0	14200	57	230.0
QVTD 20/20 - 5.5	1125x1405x1060	650	15.0	8.65		5.5 III 4.0	15500	60	236.5
QVTD 20/20 - 7.5	1125x1405x1060	700	11.4	6.60		7.5 III 5.50	17500	62	250.5
QVTD 20/20 - 10	1125x1405x1060	725	14.8	8.50		10 III 7.50	20050	64	265.5
QVTD 22/22 - 4.0	1200x1500x1200	575	11.2	6.50		4.0 III 3.0	17050	54	260.0
QVTD 22/22 - 5.5	1200x1500x1200	600	15.0	8.65		5.5 III 4.0	19000	56	264.0
QVTD 22/22 - 7.5	1200x1500x1200	650	11.4	6.60		7.5 III 5.50	21500	59	278.0
QVTD 22/22 - 10	1200x1500x1200	750	14.8	8.50		10 III 7.50	22100	62	288.5
QVTD 22/22 - 15	1200x1500x1200	765	21.0	12.1		15 III 11	27100	64	315.0
QVTD 25/25 - 5.5	1400x1550x1250	450	15.0	8.65		5.5 III 4.0	22100	56	303.0
QVTD 25/25 - 7.5	1400x1550x1250	490	11.4	6.60		7.5 III 5.50	24600	58	316.5
QVTD 25/25 - 10	1400x1550x1250	550	14.8	8.50		10 III 7.50	28050	60	328.0
QVTD 25/25 - 15	1400x1550x1250	620	21.0	12.1		15 III 11	32000	63	348.0
QVTD 30/28 - 5.5	1600x1700x1350	380	15.0	8.65		5.5 III 4.0	25000	58	385.5
QVTD 30/28 - 7.5	1600x1700x1350	380	11.4	6.60		7.5 III 5.50	31500	59	401.0
QVTD 30/28 - 10	1600x1700x1350	450	14.8	8.50		10 III 7.50	36100	62	413.5
QVTD 30/28 - 15	1600x1700x1350	500	21.0	12.1		15 III 11	42100	64	424.5



## Diseño de un banco de ventiladores



## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

## TECHNICAL CHARACTERISTICS

## CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

## SERIE 2 VELOCIDADES

Modelo Model Modèle	Medidas ABC Measures ABC Mesures ABC (mm.)	Velocidad Speed Vitesse (r.p.m.)	Intensidad máxima admisible Maximum admissible current Intensité maximum admissible (A) 230 V 400 V 690 V			Potencia instalada Installed Power Puissance installée (CV) (M/T) (kW)	Caudal máximo Maximum Airflow Débit maximum (m³/h)	Nivel sonoro Sound pressure lev. Niveau sonore (dB)	Peso aprox. Approx. Weight Poids approx. (kg)
C/TA2V 9/9 - 1/2	600x600x600	1050	3.30	1.90		1/2 II 0.37	2200	50	50.5
C/TA2V 9/9 - 3/4	600x600x600	1050	4.60	2.65		3/4 II 0.55	2950	54	53.5
C/TA2V 9/9 - 1.0	600x600x600	1100	5.30	3.05		1.0 II 0.75	3250	55	55.0
C/TA2V 9/9 - 1.5	600x600x600	1300	8.60	4.95		1.5 II 1.10	3800	59	57.5
C/TA2V 10/10 - 1/2	650x800x650	850	3.30	1.90		1/2 II 0.37	3000	51	54.0
C/TA2V 10/10 - 3/4	650x800x650	850	4.60	2.65		3/4 II 0.55	3850	55	56.0
C/TA2V 10/10 - 1.0	650x800x650	960	5.30	3.05		1.0 II 0.75	4200	57	57.5
C/TA2V 10/10 - 1.5	650x800x650	1050	8.60	4.95		1.5 II 1.10	4850	60	60.5
C/TA2V 10/10 - 2.0	650x800x650	1150	6.00	3.45		2.0 III 1.50	5450	62	63.5
C/TA2V 12/12 - 1/2	720x870x720	600	3.30	1.90		1/2 II 0.37	4200	51	67.5
C/TA2V 12/12 - 3/4	720x870x720	700	4.60	2.65		3/4 II 0.55	4850	53	70.0
C/TA2V 12/12 - 1.0	720x870x720	800	5.30	3.05		1.0 II 0.75	5350	56	71.5
C/TA2V 12/12 - 1.5	720x870x720	850	8.60	4.95		1.5 II 1.10	5850	58	74.5
C/TA2V 12/12 - 2.0	720x870x720	960	6.00	3.45		2.0 III 1.50	6550	61	77.5
C/TA2V 12/12 - 3.0	720x870x720	1200	8.40	4.85		3.0 III 2.20	7450	64	86.0
C/TA2V 15/15 - 3/4	790x1040x790	550	4.60	2.65		3/4 II 0.55	5900	48	84.0
C/TA2V 15/15 - 1.0	790x1040x790	600	5.30	3.05		1.0 II 0.75	6550	51	85.5
C/TA2V 15/15 - 1.5	790x1040x790	650	8.60	4.95		1.5 II 1.10	7500	53	89.0
C/TA2V 15/15 - 2.0	790x1040x790	700	6.00	3.45		2.0 III 1.50	8150	55	91.5
C/TA2V 15/15 - 3.0	790x1040x790	750	8.40	4.85		3.0 III 2.20	9520	58	100.5
C/TA2V 15/15 - 4.0	790x1040x790	800	11.2	6.50		4.0 III 3.0	10650	60	102.0
C/TA2V 15/15 - 5.5	790x1040x790	970	15.0	8.65		5.5 III 4.0	12100	62	107.0
C/TA2V 18/18 - 1.5	870x1120x870	500	8.60	4.95		1.5 II 1.10	9050	47	121.0
C/TA2V 18/18 - 2.0	870x1120x870	600	6.00	3.45		2.0 III 1.50	9300	50	124.0
C/TA2V 18/18 - 3.0	870x1120x870	600	8.40	4.85		3.0 III 2.20	11500	53	132.5
C/TA2V 18/18 - 4.0	870x1120x870	650	11.2	6.50		4.0 III 3.0	13300	55	134.5
C/TA2V 18/18 - 5.5	870x1120x870	680	15.0	8.65		5.5 III 4.0	15100	57	140.0
C/TA2V 18/18 - 7.5	870x1120x870	760		11.4 6.60		7.5 III 5.50	17100	59	153.0
C/TA2V 20/20 - 4.0	1125x1405x1060	600	11.2	6.50		4.0 III 3.0	14200	57	230.0
C/TA2V 20/20 - 5.5	1125x1405x1060	650	15.0	8.65		5.5 III 4.0	15500	60	236.5
C/TA2V 20/20 - 7.5	1125x1405x1060	700		11.4 6.60		7.5 III 5.50	17500	62	250.5
C/TA2V 20/20 - 10	1125x1405x1060	725		14.8 8.50		10 III 7.50	20050	64	265.5
C/TA2V 22/22 - 4.0	1200x1500x1200	575	11.2	6.50		4.0 III 3.0	17050	54	260.0
C/TA2V 22/22 - 5.5	1200x1500x1200	600	15.0	8.65		5.5 III 4.0	19000	56	264.0
C/TA2V 22/22 - 7.5	1200x1500x1200	650		11.4 6.60		7.5 III 5.50	21500	59	278.0
C/TA2V 22/22 - 10	1200x1500x1200	750		14.8 8.50		10 III 7.50	22100	62	288.5
C/TA2V 22/22 - 15	1200x1500x1200	765		21.0 12.1		15 III 11	27100	64	315.0
C/TA2V 25/25 - 5.5	1400x1550x1250	450	15.0	8.65		5.5 III 4.0	22100	56	303.0
C/TA2V 25/25 - 7.5	1400x1550x1250	490		11.4 6.60		7.5 III 5.50	24600	58	316.5
C/TA2V 25/25 - 10	1400x1550x1250	550		14.8 8.50		10 III 7.50	28050	60	328.0
C/TA2V 25/25 - 15	1400x1550x1250	620		21.0 12.1		15 III 11	32000	63	348.0
C/TA2V 30/28 - 5.5	1600x1700x1350	380	15.0	8.65		5.5 III 4.0	25000	58	385.5
C/TA2V 30/28 - 7.5	1600x1700x1350	380		11.4 6.60		7.5 III 5.50	31500	59	401.0
C/TA2V 30/28 - 10	1600x1700x1350	450		14.8 8.50		10 III 7.50	36100	62	413.5
C/TA2V 30/28 - 15	1600x1700x1350	500		21.0 12.1		15 III 11	42100	64	424.5

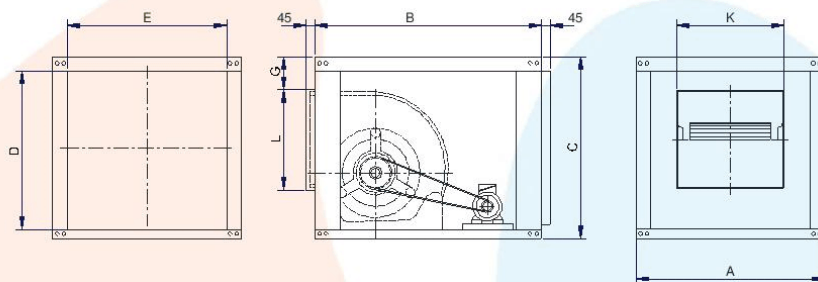
## Diseño de un banco de ventiladores



## DIMENSIONES mm

DIMENSIONS mm  
DIMENSIONS mm

## CVTDA



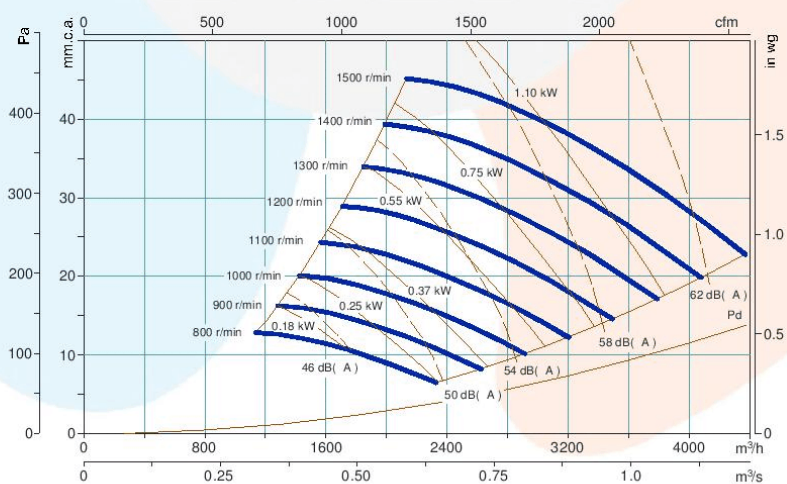
	A	B	C	D	E	G	K	L
CVTDA 9/9	600	600	600	440	440	110	283	323
CVTDA 10/10	650	800	650	490	490	115	315	353
CVTDA 12/12	720	870	720	560	560	115	365	420
CVTDA 15/15	790	1040	790	630	630	115	425	495
CVTDA 18/18	870	1120	870	710	710	115	510	583
CVTDA 20/20	1125	1405	1060	959	893	145	623	627
CVTDA 22/22	1200	1500	1200	1040	1040	145	720	680
CVTDA 25/25	1400	1550	1250	1240	1090	145	820	790
CVTDA 30/28	1600	1700	1350	1440	1190	145	960	913

## CURVAS CARACTERÍSTICAS

CHARACTERISTICS CURVES  
COURBES CARACTÉRISTIQUES

## CVTDA

9/9



Q = Caudal en (m³/h), (m³/s) y c.f.m. / Q = Airflow in (m³/h), (m³/s) and c.f.m. / Q = Débit en (m³/h), (m³/s) et c.f.m.

Pe = Presión estática en mm.c.a., Pa e in wg. / Pe = Static pressure in mm.w.c., Pa and in wg. / Pe = Pression statique en mm.c.e., Pa et in wg.

## Diseño de un banco de ventiladores

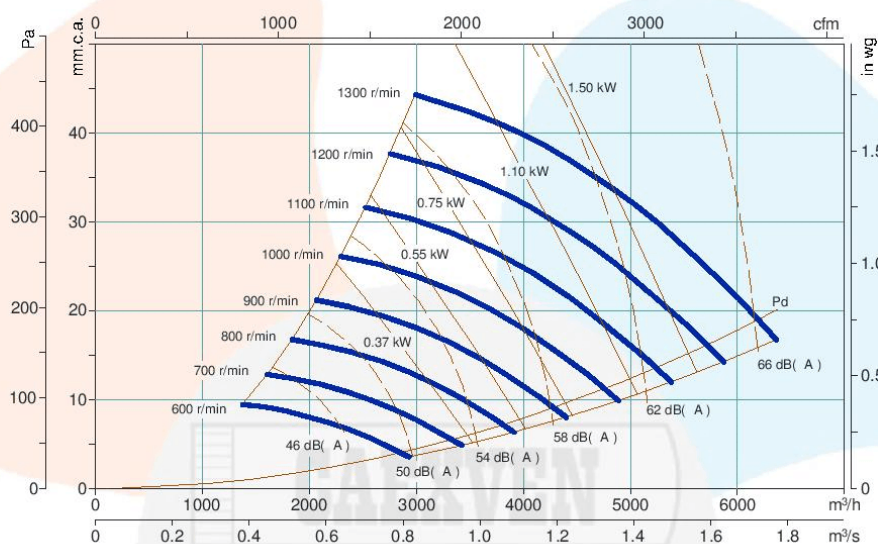


## CURVAS CARACTERÍSTICAS

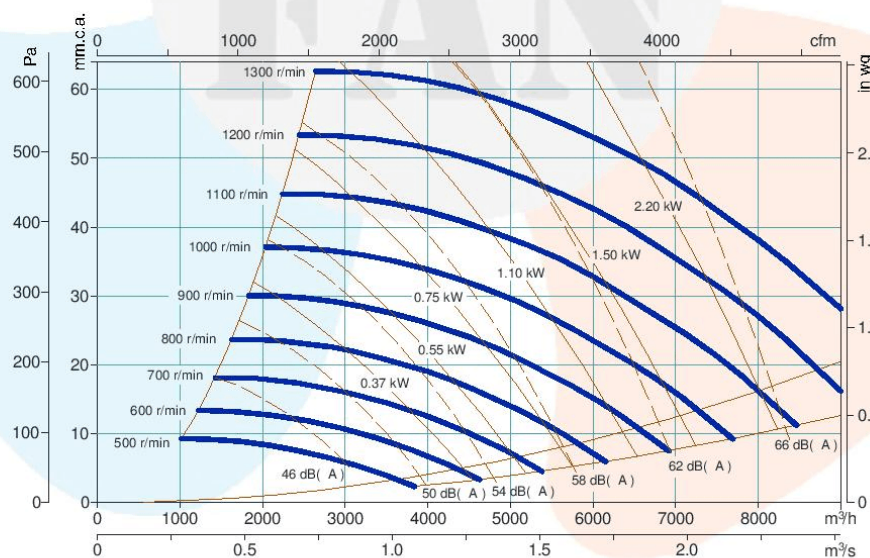
CHARACTERISTICS CURVES  
COURBES CARACTÉRISTIQUES

CVTDA

10/ 10



12/ 12



Q=Caudal en (m³/h), (m³/s) y c.f.m. / Q=Airflow in (m³/h), (m³/s) and c.f.m. / Q=Débit en (m³/h), (m³/s) et c.f.m.  
Pe=Presión estática en mm.c.a., Pa e in wg. / Pe=Static pressure in mm.w.c., Pa and in wg. / Pe=Pression statique en mm.c.e., Pa et in wg.



## Diseño de un banco de ventiladores



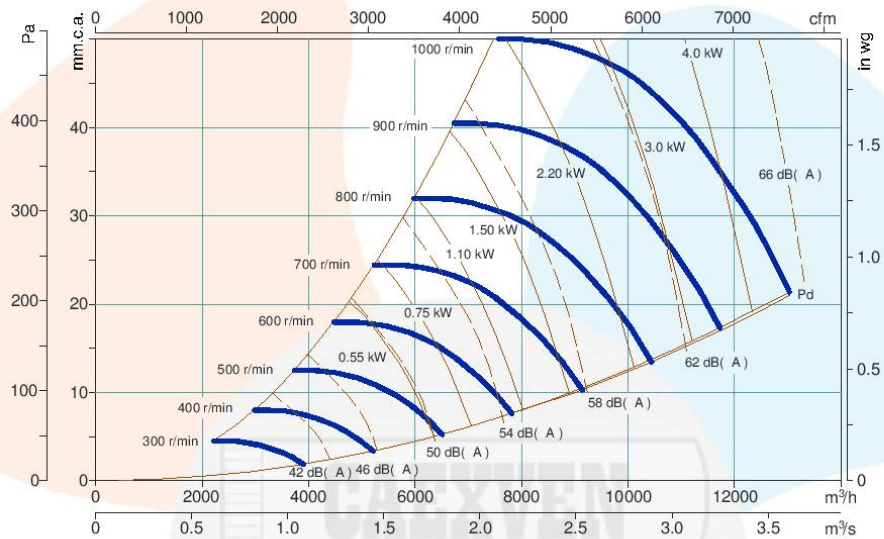
## CURVAS CARACTERÍSTICAS

CHARACTERISTICS CURVES

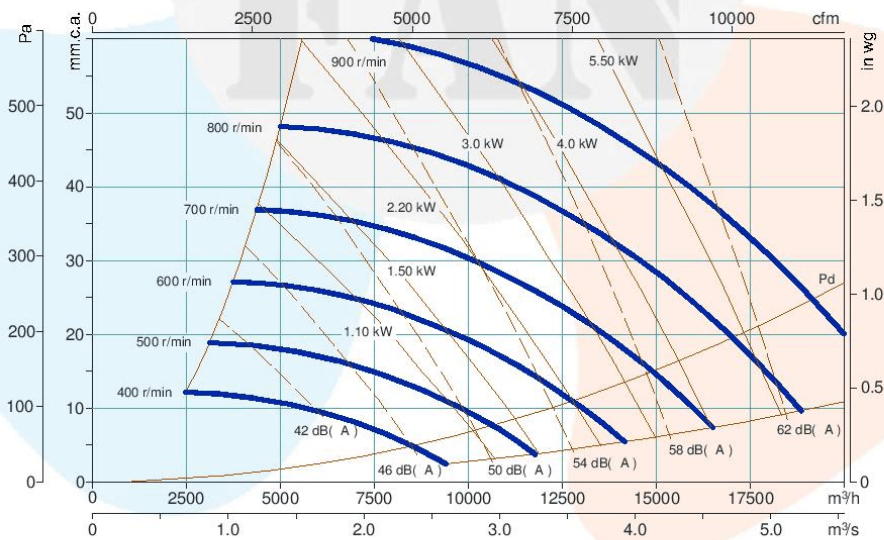
COURBES CARACTÉRISTIQUES

CVTDA

15/15



18/18



Q = Caudal en (m³/h), (m³/s) y c.f.m. / Q = Airflow in (m³/h), (m³/s) and c.f.m. / Q = Débit en (m³/h), (m³/s) et c.f.m.

Pe = Presión estática en mm.c.a., Pa e in wg. / Pe = Static pressure in mm.w.c., Pa and in wg. / Pe = Pression statique en mm.c.e., Pa et in wg.

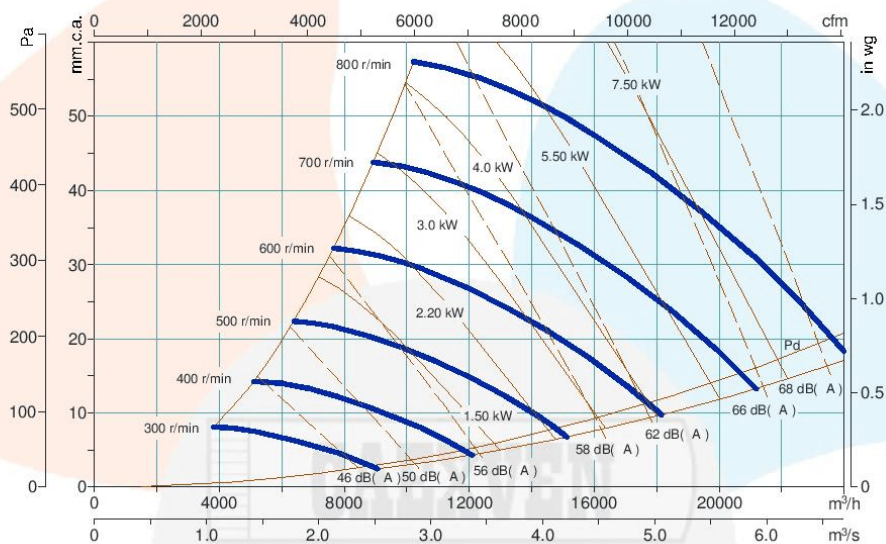
## Diseño de un banco de ventiladores



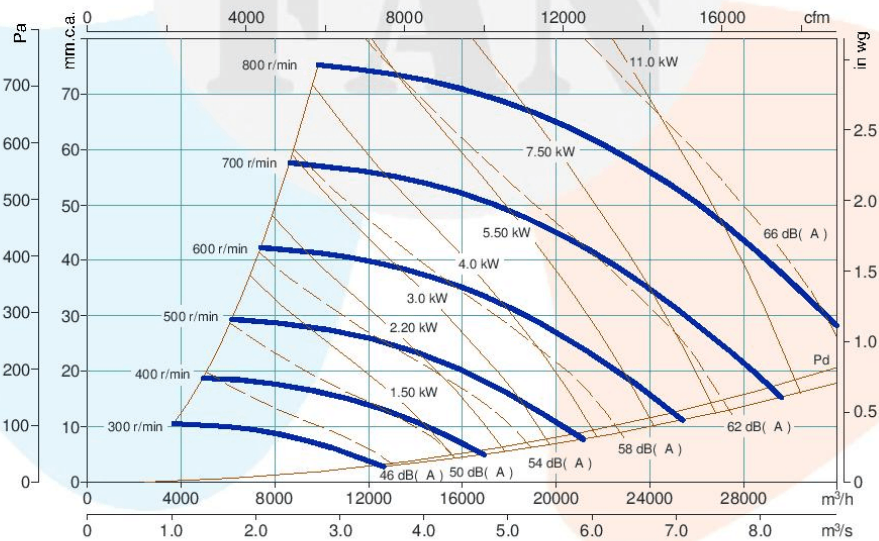
**CURVAS CARACTERÍSTICAS**  
 CHARACTERISTICS CURVES  
 COURBES CARACTÉRISTIQUES

CVTDA

20/ 20



22/ 22



Q=Caudal en (m³/h), (m³/s) y c.f.m. / Q=Airflow in (m³/h), (m³/s) and c.f.m. / Q=Débit en (m³/h), (m³/s) et c.f.m.  
 Pe=Presión estática en mm.c.a., Pa e in wg. / Pe=Static pressure in mm.w.c., Pa and in wg / Pe=Pression statique en mm.c.e., Pa et in wg.

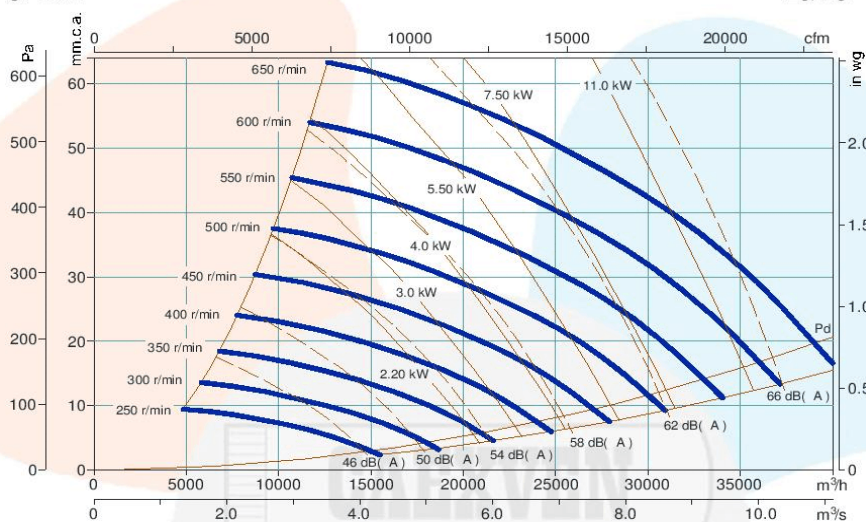
## Diseño de un banco de ventiladores



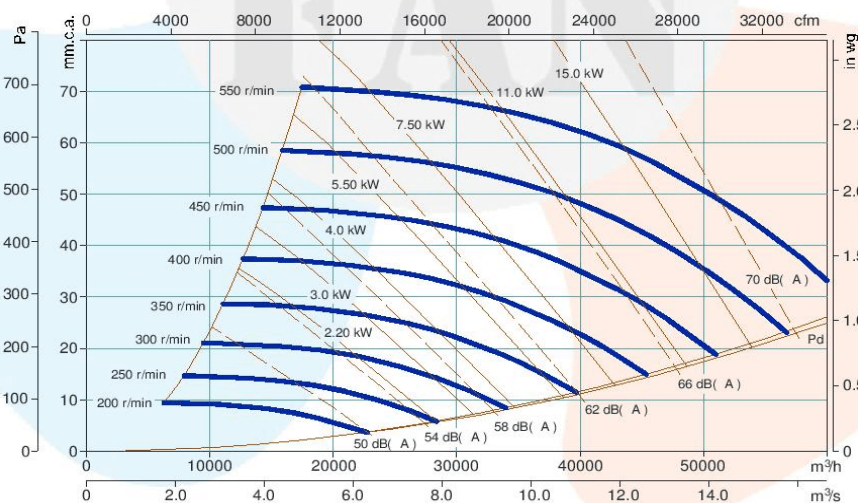
**CURVAS CARACTERÍSTICAS**  
 CHARACTERISTICS CURVES  
 COURBES CARACTÉRISTIQUES

CVTDA

25/25



30/28



Q= Caudal en (m³/h), (m³/s) y c.f.m. / Q= Airflow in (m³/h), (m³/s) and c.f.m. / Q= Débit en (m³/h), (m³/s) et c.f.m.  
 Pe= Presión estática en mm.c.a., Pa e in wg. / Pe= Static pressure in mm.w.c., Pa and in wg. / Pe= Pression statique en mm.c.e., Pa et in wg.

## **APÉNDICE F**

### **Ensayo del ventilador in situ**

## Índice

### Capítulo 1.

1.	Ensayo de ventiladores industriales in situ	163
1.1	Condiciones generales y procedimiento de ensayo in situ	163
1.2.	Elección del punto de ensayo cuando únicamente puede variar la resistencia del sistema	163
1.3.	Ventiladores con dispositivos de reglaje	164
1.4.	Dispositivos de restricción que permiten la variación de la resistencia del sistema	165
1.5.	Elección del punto de ensayo cuando no se puede variar la resistencia del sistema	165
1.6.	Caso en el que no es necesaria la corrección de los coeficientes deducidos de los ensayos	165

### Capítulo 2.

2.	Determinación de la presión del ventilador	166
2.1.	Medición de la presión estática in situ	166
2.2.	Presión en la instalación de ensayo con tubo de Pitot y cámara de entrada	167

### Capítulo 3.

3.	Determinación del caudal	169
3.1.	Determinación del caudal mediante dispositivos de presión diferencial	169
3.1.1.	Recomendaciones generales	170

### Capítulo 4.

4.	Determinación de la potencia	172
4.1.	Pérdidas durante la transmisión de la potencia del motor a la hélice	173
4.2.	Métodos de determinación de la potencia	174
4.2.1.	Determinación de la potencia en el eje mediante un torquímetro	174

4.2.2. Determinación de la potencia mecánica útil del motor eléctrico por el método de pérdidas independientes	175
4.2.3. Referencias a las características de funcionamiento de motores idénticos a los utilizados	177
4.2.4. Utilización de un motor calibrado	178
4.2.5. Instrumentos de medición y precauciones a tomar durante los ensayos in situ	178
 <b>Capítulo 5.</b>	
5. Incertidumbres	179
5.1. Análisis de incertidumbres	180

## **1. Ensayo de ventiladores industriales in situ**

El objetivo del presente proyecto es la caracterización de las curvas de un ventilador auxiliar, para determinar dichas curvas se debe hacer un ensayo in situ, por eso se ha considerado apropiado desarrollar el método de ensayo en un documento único. Esto haría posible detallar completamente los métodos de medición del campo de velocidades fueran para todas las formas de sección transversal de los circuitos de aire habitualmente encontrados.

Este documento especifica las reglas de ensayo para determinar una o varias características de funcionamiento de los ventiladores instalados en un circuito operacional que ponen en circulación un gas monofásico.

### **1.1 Condiciones generales y procedimiento de ensayo in situ**

Los ensayos in situ se deben realizar después de verificar inicialmente el correcto funcionamiento del ventilador. Antes de comenzar los ensayos de recepción, el suministrador debe poder verificar que el ventilador está en buen estado de funcionamiento y proceder eventualmente a los reglajes necesarios.

No deben existir ni fugas ni entradas sensibles de gas entre el ventilador y cualquier sección de medida de caudal o de presión. Se asegurará que no hay recirculación imprevista de gas entre la aspiración y la impulsión del ventilador.

### **1.2. Elección del punto de ensayo cuando únicamente puede variar la resistencia del sistema**

En el caso de que para un ventilador sin dispositivo de reglaje (por ejemplo, inclinación variable, álabes regulables o hélice de aspiración regulable) se deba verificar un único punto de operación especificado y cuando sólo se pueda modificar la resistencia del sistema, se deben realizar las mediciones para al menos tres puntos de operación elegidos como se indica a continuación:

- a) Para el punto de caudal más bajo, el valor del caudal o del coeficiente de caudal debe ser inferior al del punto especificado y, si es posible, debe estar comprendido entre el 85% y el 90% de éste;

- b) Para el punto de caudal más elevado, el valor del caudal o del coeficiente de caudal debe ser superior al del punto especificado y, si es posible, debe estar comprendido entre el 110% y el 115% de éste;
- c) Para el punto intermedio, el valor del caudal o del coeficiente de caudal debe estar lo más próximo posible del punto especificado y, si es posible, debe estar comprendido entre el 97% y el 103% de éste.

En el caso de que para un ventilador sin dispositivo de reglaje se deba verificar más de un punto de operación especificado y cuando únicamente se pueda modificar la resistencia del circuito de aire, se deben elegir los puntos de medición de la siguiente forma:

- d) Cada punto especificado le debe corresponder un punto de ensayo tal que el valor del caudal, corregido si es necesario considerando una variación de velocidad en relación a la velocidad especificada, o el valor del coeficiente de caudal del ventilador, esté también lo más próximo posible al del punto especificado y, si es posible, no difiera en más del 3%;
- e) La variación del caudal o del coeficiente de caudal entre dos puntos de ensayo adyacentes no debe sobrepasar el 10% de la media aritmética de los coeficientes de caudal en el punto especificado;
- f) El rango de los puntos de ensayo debe sobrepasar, por ambas partes, el rango de los puntos especificados.

### **1.3. Ventiladores con dispositivos de reglaje**

Cuando el ventilador está provisto de un dispositivo de reglaje geométrico, se debe obtener un punto de medición actuando a la vez en el dispositivo de reglaje del ventilador y en la resistencia del sistema del conducto de aire, de forma que los valores de los coeficientes de caudal y de presión de este punto de ensayos estén lo más cerca posible del punto especificado correspondiente, no sobrepasando las desviaciones, si es posible, el 4%.

En cada punto de medición así obtenido, se deben añadir puntos complementarios, obtenidos manteniendo el dispositivo de reglaje en la misma posición y modificando únicamente la resistencia del sistema, cumpliendo las recomendaciones desarrolladas para el caso de un único punto de operación especificado.



**1.4. Dispositivos de restricción que permiten la variación de la resistencia del sistema**

Para obtener diferentes puntos de las curvas características del ventilador, el caudal se debe reducir por estrangulamiento del sistema o incrementar por abertura de un by-pass. Estos dispositivos de restricción se deben colocar de forma que no alteren el flujo ni en las secciones de medición ni en el ventilador. Sería deseable evitar colocar dos dispositivos de restricción en serie lo que podría originar un flujo pulsatorio.

Los dispositivos de restricción del sistema deben ser, siempre que sea posible, simétricos y no deben originar giros. Se deben colocar preferentemente a la salida del ventilador. Si esta solución no es posible, los dispositivos de restricción se deben colocar lo más lejos posible aguas arriba de la aspiración. Se debe asegurar que estas posiciones son tales que la alteración correspondiente no tenga ninguna influencia apreciable, ni en las mediciones, ni en el funcionamiento del ventilador.

En cualquier caso, los dispositivos de restricción deben estar situados, como mínimo, a  $5 D_h$  aguas abajo o  $10 D_h$  aguas arriba del ventilador.

En caso de existir serias dudas, se debe realizar un ensayo apropiado para verificar las condiciones de flujo. Se admite utilizar también cualquier otro medio (por ejemplo, ventiladores en serie o en paralelo) que pueda modificar el punto de operación del ventilador sin alterar las condiciones de flujo en el ventilador y en la sección de medición.

**1.5. Elección del punto de ensayo cuando no se puede variar la resistencia del sistema**

Cuando es imposible modificar la resistencia del circuito de aire sólo se puede realizar la medición en un único punto de operación. En este caso, es necesario un acuerdo entre las partes para admitir que el ensayo se realice en este único punto.

**1.6. Caso en el que no es necesaria la corrección de los coeficientes deducidos de los ensayos**

Cuando los valores de la densidad y de la viscosidad del fluido, así como de la velocidad de rotación del ventilador, medidos durante un ensayo, no se desvían más del 10% en relación al valor especificado del número de Reynolds del ventilador no es necesario corregir los coeficientes adimensionales deducidos del ensayo.

## **2. Determinación de la presión del ventilador**

Se deben tomar precauciones para garantizar que las mediciones de la presión estática en la aspiración y en la impulsión del ventilador, se realizan en relación a la presión atmosférica o a la presión existente en el interior del recinto de ensayos.

### **2.1. Medición de la presión estática in situ**

Esta medición se debe realizar utilizando un manómetro como el descrito en la memoria descriptiva del proyecto junto con tomas de presión en la pared, o con la toma de presión de un tubo Pitot con toma estática.

En el caso de un flujo relativamente uniforme, sin turbulencia, ni flujos desprendidos, la presión estática se puede medir mediante cuatro tomas de presión en la pared de la cámara de ensayo espaciadas de forma equidistante en el perímetro del conducto siempre que estas tomas desemboquen en la superficie interior del conducto sin originar desigualdades de superficies ni rebabas y que las paredes adyacentes del conducto sean lisas, limpias y sin ondulaciones ni discontinuidades.

Se deben tomar precauciones para que todos los tubos de unión y las conexiones estén exentos de obstrucciones y de fugas.

Antes de comenzar cualquier serie de lecturas, la presión correspondiente a cada una de las cuatro tomas de presión se debería medir independientemente para un caudal próximo al caudal máximo. Si una cualquiera de las cuatro lecturas se sitúa fuera de un rango igual al 5% de la presión nominal del ventilador, se deberían verificar las tomas de presión en la pared y las conexiones en el manómetro para detectar los fallos y si no se pone en evidencia ninguna anomalía, se debe verificar la uniformidad del flujo.

En el plano apropiado de medición de la presión de un conducto circular, se deben elegir, como mínimo, cuatro puntos de medición, espaciados uniformemente y dispuestos simétricamente en relación al eje, a aproximadamente  $1/8$  del diámetro del conducto desde la pared, o en el caso de un conducto rectangular a  $1/8$  de la longitud del conducto desde el centro de cada una de las paredes. En las condiciones de flujo estacionario se debería realizar una lectura de presión estática en cada punto y calcular la media.

Cuando el plano de medición de la presión se sitúa cerca de la aspiración o de la impulsión del ventilador, la presión estática se puede medir mediante tomas de presión en la pared o mediante un tubo Pitot con toma estática situado adecuadamente para transmitir la presión estática a un manómetro.

## 2.2. Presión en la instalación de ensayo con tubo de Pitot y cámara de entrada

Cuando se instala un ventilador como extractor en las condiciones correspondientes a la categoría C, la presión manométrica media en la sección de medición, en la aspiración del ventilador, se debe medir según lo explicado en el apartado anterior.

La presión de referencia (o presión efectiva) es, en este caso, la presión estática del ventilador definida como la diferencia entre la presión manométrica de estancamiento en la impulsión del ventilador y la presión manométrica de estancamiento en la aspiración del ventilador.

Cuando el aire se puede considerar como incompresible ( $p_F \leq 2000Pa, M_{a2} \leq 0,15$ )

entonces,  $f_{M4} = f_3 = 1$  y se aplica el siguiente método.

La presión manométrica  $p_{e4}$  en la aspiración del ventilador se obtiene sustrayendo de la presión manométrica  $p_{e3}$  medida en la sección de ensayo por el lado de aspiración, una pérdida de rozamiento  $\xi_{3-4} p_{d1}$ . Se debe admitir una corrección para cualquier diferencia de área inferior o igual al 14% entre la sección de las dos posiciones.

La fórmula para la presión manométrica  $p_{e4}$  es:

$$p_{e4} = p_{e3} - p_{d1} \left[ 1 - \left( \frac{A_4}{A_3} \right)^2 \right] - \xi_{3-4} p_{d1} \quad (96)$$

La presión dinámica convencional en una sección del conducto se determina mediante la ecuación:

$$p_{dx} = \rho_x \frac{V_{mx}^2}{2} \quad (97)$$

y la presión estática del ventilador  $p_{sf}$  se calcula como se indica a continuación:

$$p_{sf} = p_{e5} - p_{esg4} = - p_{esg4} = - p_{e3} + p_{d3} \left[ \xi_{3-4} - 1 \right] \quad (98)$$

La presión del ventilador  $p_f$  se puede calcular como se indica a continuación:

$$p_f = p_{sf} + p_{d5} \quad (99)$$

### **3. Determinación del caudal**

El caudal en una sección de conducto real se puede determinar de dos formas, por determinación de la velocidad en diferentes puntos de esta sección y cálculo de la velocidad media, o por medición de la diferencia de presión generada por un dispositivo de presión diferencial (diafragma, tobera, tubo Venturi).

La elección del método de medición se basará en las siguientes consideraciones:

- a) Las mediciones para la exploración del campo de velocidades requieren mucho tiempo y su aplicación es delicada pero en numerosos casos son las únicas adecuadas. Se debería realizar un ensayo previo para determinar las condiciones (número de lecturas y duración de las observaciones) en las que se deben realizar estas mediciones.
- b) Los dispositivos de presión diferencial permiten obtener fácilmente una medición muy reproducible del valor medio temporal del caudal, incluso cuando estas mediciones las realizan distintas personas y en diferentes momentos. Su utilización está especialmente limitada por su propia resistencia, por las longitudes rectas de conductos requeridas y por la necesidad de utilizar conductos de sección circular.

En el presente proyecto, para la determinación del caudal de ensayo se ha optado por la determinación del caudal mediante dispositivos de presión diferencial mediante tubo Pitot.

#### **3.1. Determinación del caudal mediante dispositivos de presión diferencial**

Se pueden utilizar dispositivos de presión diferencial normalizados realizados y utilizados de acuerdo con la Norma ISO 5167-1 sin previa calibración, siempre que se esté seguro de que las condiciones de flujo existentes para los caudales extremos requeridos para los ensayos son aceptables y permiten utilizar los datos numéricos indicados en esta norma internacional.

Los dispositivos de presión diferencial que incorporan los elementos primarios definidos en la Norma ISO 5167-1, pero utilizados con longitudes rectas se pueden utilizar sin calibración previa en tanto que esté asegurado que las condiciones de flujo existentes para los caudales extremos requeridos para los ensayos son aceptables y permiten utilizar los datos numéricos.

La utilización de dispositivos de presión diferencial sin normalizar se permiten mediante acuerdo entre el suministrador y el usuario en lo referente a la elección del dispositivo y del método de calibración que debe tener la misma precisión que la del dispositivo normalizado.

Los dispositivos de presión diferencial sin normalizar que se pueden utilizar en estas condiciones son:

- a) A la entrada del conducto: un diafragma, una tobera, un tubo Venturi, una entrada abocardada, o una entrada cónica o una entrada de Borda;
- b) A la salida del conducto: un diafragma, una tobera, un tubo Venturi.

### **3.1.1. Recomendaciones generales**

En la medida de lo posible, la velocidad media debe ser suficientemente elevada como para permitir la utilización de un instrumento de medición dentro del rango en el que exista una buena exactitud.

El plano de medición del caudal se debe situar en una longitud recta en la que el flujo sea sensiblemente axial, simétrico, exento de giros y de reflujos. Esto implica considerar alteraciones del flujo generadas por codos, estrechamientos o ensanchamientos bruscos, obstrucciones o, incluso por el propio ventilador.

Si es posible, el plano de medición del caudal se debe elegir en un tramo rectilíneo del conducto, de sección constante y desprovista de cualquier obstáculo que pudiese modificar el flujo en este plano de medición. Esta longitud recta, denominada longitud de medición debe ser inferior a, al menos, dos veces el diámetro hidráulico  $D_h$  del conducto.

El plano de medición debería, si es posible, estar a una distancia superior o igual a  $1,5 D_h$  de la aspiración si éste se encuentra en el lado de la aspiración del ventilador, o a una distancia superior o igual a  $5 D_h$  de la impulsión, si éste se encuentra en el lado de la impulsión del ventilador.

El cumplimiento de estas distancias mínimas no implica que se cumplan los requisitos de lo indicado anteriormente. Si no es posible elegir un plano de medición que cumpla estas condiciones, la posición de éste se debe elegir de común acuerdo entre las partes. En este caso, la validez de los resultados debe ser objeto de un acuerdo mutuo.

Se debe elegir un número suficiente de puntos de medición teniendo en cuenta los efectos de la pared y las posibles variaciones de velocidad en la zona central.

Durante las mediciones de caudal por exploración de campo de velocidades, el caudal se debe mantener lo más constante posible durante toda la exploración.

Para este fin, se deben tomar las precauciones necesarias para mantener lo más constante posible durante toda la exploración los siguientes factores:

- a) El orificio equivalente o la resistencia del conducto expresada de cualquier forma;
- b) La velocidad de rotación del ventilador;
- c) La presión y la temperatura del fluido en el conducto.

Cuando se realizan mediciones de presión dinámica (o de velocidad) siguiendo una línea transversal de exploración in situ, o también por extensión en las condiciones de laboratorio, no es extraño anotar fluctuaciones de lectura en un punto de medición, incluso cuando el caudal total y la resistencia del sistema se conservan sustancialmente constantes. Esto es debido a la naturaleza del flujo turbulento en el que aparecen ligeras variaciones aleatorias del perfil de velocidades. Por esta razón, se debe tomar un buen valor medio visual de la lectura en cada punto de la línea transversal de exploración durante un período de, al menos, 15 s. El caudal total se debe determinar entonces, a partir del área del conducto y de la media de todas las lecturas de velocidades o de la media de las raíces cuadradas de todas las lecturas de presión dinámica. Se debería repetir la exploración una o varias veces hasta que los caudales calculados a partir de dos exploraciones sucesivas no difieran en más del 2%. Se debería considerar como valor correcto la media de estas dos mediciones.

#### 4. Determinación de la potencia

Las características principales de funcionamiento se definen de la siguiente forma:

- a) La potencia de aire del ventilador  $\mathcal{P}_u$  es el producto del caudal másico  $q_m$  por el trabajo del ventilador por unidad de masa y;
- b) La potencia de la hélice  $\mathcal{P}_r$  es la potencia mecánica suministrada a la hélice del ventilador.

Es difícil determinar directamente la potencia de la hélice debido a la dificultad de evaluar las pérdidas en los cojinetes que soportan el eje del ventilador. No obstante, es útil conocer esta potencia con el fin de establecer las características básicas del ventilador.

Por esta razón, se debería medir preferiblemente uno de las siguientes magnitudes definidas en los puntos a), b) y c).

- a) La potencia del eje del ventilador  $\mathcal{P}_a$  es la potencia mecánica suministrada al eje del ventilador por la máquina de arrastre. Incluye, por tanto, las pérdidas en los cojinetes, en las juntas de estanquidad, en los dispositivos de enfriamiento de los cojinetes, etc.
- b) La potencia útil del motor  $\mathcal{P}_o$  es la potencia disponible en el eje de la máquina de arrastre. Sólo es igual a la potencia  $\mathcal{P}_a$ , cuando el ventilador es de arrastre directo. En el resto de los casos es:

$$\mathcal{P}_a = \eta_{tr} \mathcal{P}_o \quad (100)$$

donde  $\eta_{tr}$  es el rendimiento de la transmisión.

- c) La potencia absorbida por el motor del ventilador  $\mathcal{P}_e$  es la potencia suministrada a la entrada de la máquina de arrastre. Es también, la potencia total absorbida por el grupo. En el caso de un arrastre por motor eléctrico, se



trata de la potencia eléctrica suministrada a los bornes del motor, en el resto de los casos, se debe determinar a partir del consumo de combustible, de vapor, de aire comprimido, etc., siguiendo un acuerdo entre las partes afectadas.

A partir de estas potencias, se pueden definir los siguientes rendimientos: el rendimiento del ventilador  $\eta_r$ , el rendimiento del eje del ventilador  $\eta_a$ , el rendimiento del motor  $\eta_M$  y el rendimiento medio del ventilador  $\eta_e$ , se obtienen dividiendo la potencia de aire del ventilador  $\mathcal{P}_a$  respectivamente por la potencia de la hélice, la potencia del eje del ventilador, la potencia útil del motor del ventilador y la potencia absorbida por el motor del ventilador.

Sólo el rendimiento del circuito de aire refleja la capacidad de utilización de la potencia suministrada a la hélice.

El rendimiento global (o rendimiento del grupo), utilizado para los grupos motor-ventilador, considera, además de las pérdidas mecánicas del ventilador, las pérdidas del sistema de transmisión y las pérdidas del motor de arrastre.

#### **4.1. Pérdidas durante la transmisión de la potencia del motor a la hélice**

Si los resultados de los ensayos in situ se deben comparar con las características del ventilador establecidas en el banco de ensayos, la potencia absorbida por el ventilador se debería definir de la misma forma en ambos casos.

Si es necesario determinar la potencia del eje del ventilador, salvo que la hélice no esté montada directamente en el eje del motor, se debe deducir de la potencia en el eje del motor un término apropiado, que corresponde a las pérdidas en el sistema de transmisión. El método a utilizar para determinar estas pérdidas se debe convenir con el suministrador del ventilador.

Cuando es necesario determinar la potencia de la hélice, es necesario deducir de la potencia en el eje del motor un término que considera las pérdidas en los cojinetes y en la transmisión. El valor de este término se debe determinar por acuerdo entre las partes.

#### **4.2. Métodos de determinación de la potencia**

Para obtener, la potencia suministrada al ventilador con el nivel de exactitud requerido, se debe considerar la media de un número suficiente de resultados de medición.

La potencia del eje del motor de arrastre se puede determinar aplicando diferentes métodos, se puede medir directamente con ayuda de un torquímetro, o en el caso de un arrastre por motor eléctrico, deducir de la potencia eléctrica suministrada a los bornes. En este último caso, la potencia útil del motor se deduce de la potencia eléctrica suministrada a los bornes mediante el método de la suma de las pérdidas. Con este fin, las medidas de tensión, intensidad, velocidad y en el caso de motores de corriente alterna, la potencia eléctrica suministrada a los bornes, y el deslizamiento para los motores de inducción, se deben realizar para cada punto de ensayo y se deben medir las pérdidas en vacío del motor cuando el ventilador está desacoplado. Se pueden también utilizar los datos relativos o bien al funcionamiento de motores idénticos al utilizado o bien al funcionamiento de un motor calibrado de antemano.

Para los instrumentos eléctricos, la potencia eléctrica suministrada a los bornes del motor durante los ensayos del ventilador, se debe medir mediante uno de los siguientes métodos:

- a) Para los motores de corriente alterna, por el método de doble vatímetro o mediante un contador de vatios-hora integrado y un cronómetro;
- b) Para los motores con corriente continua, por medición de la tensión y de la intensidad.

##### **4.2.1. Determinación de la potencia en el eje mediante un torquímetro**

El par desarrollado en el eje del ventilador se puede medir con ayuda de un torquímetro instalado entre el ventilador y el sistema de transmisión o el motor de arrastre según el caso.

La potencia se calcula realizando el producto del par así obtenido por la velocidad de rotación medida meticulosamente.

El aparato debe tener una exactitud superior al 1,5% del valor del par a medir de forma que la potencia se pueda determinar con una precisión del 2% si la velocidad de rotación se mide con una incertidumbre de 0,5%. Mediante un acuerdo entre las partes, se pueden utilizar los datos relativos a la calibración estática del aparato que deben considerarse independientes de la

velocidad de rotación. En este caso, se deberían realizar los ensayos en las mismas condiciones que durante la calibración.

En determinados casos, el aparato se debería calibrar en las condiciones encontradas durante los preensayos in situ, por un organismo reconocido por las partes, inmediatamente antes y después de los ensayos y sin que se haya producido la más mínima modificación en el estado del aparato. Se debe medir el par cuando la carga aumenta, vigilando que durante las lecturas la carga no disminuya en ningún momento. Cuando la carga disminuye, se deben tomar precauciones similares. Si la diferencia del par a la carga y a la descarga es superior a 1,5%, el torquímetro se debe considerar insatisfactorio; en caso contrario, se debe retener la media de las mediciones en la carga y en la descarga. Se debe utilizar como curva de calibración para los cálculos, la media de dos curvas de calibración obtenidas antes y después de los ensayos, con la condición de que los dos valores medidos no difieran más de 1,5%.

#### **4.2.2. Determinación de la potencia mecánica útil del motor eléctrico por el método de pérdidas independientes**

La potencia en el eje del motor eléctrico de arrastre se puede calcular multiplicando la potencia eléctrica útil del motor  $\mathcal{P}_e$  medida en los bornes por el rendimiento del motor estimado por el método de las pérdidas independientes.

La estimación de las pérdidas se realiza directamente dependiendo de si se trata de un motor de corriente trifásica o de un motor de corriente continua.

Las pérdidas de un motor eléctrico, se pueden medir mediante un método calorimétrico como el descrito en la Norma IEC 60034-2A o mediante uno de los métodos descritos en la Norma IEC 60034-2.

##### **1) Ventilador con motor trifásico de inducción**

Las pérdidas que se deben considerar son las siguientes:

##### **a) Pérdidas constantes:**

- Pérdidas en el acero activo y pérdidas complementarias en vacío en el resto de las partes metálicas;
- Pérdidas debidas al rozamiento en los cojinetes y escobillas si no están en funcionamiento;
- Pérdidas totales por ventilación en la máquina.

- b) Pérdidas en carga:
  - Pérdidas por efecto Joule en los bobinados primarios;
  - Pérdidas por efecto Joule en los bobinados secundarios;
  - Pérdidas eléctricas en las escobillas (si es pertinente).
  
- c) Partes complementarias en carga:
  - Pérdidas complementarias en carga en el acero activo y en las otras partes metálicas distintas de los conductores;
  - Pérdidas por corrientes de Foucault.

El rendimiento del motor se puede calcular a partir de las pérdidas totales que se consideran como la suma de las pérdidas determinadas de la siguiente manera:

- a) Pérdidas constantes: La suma de las pérdidas constantes se determina arrancando la máquina como un motor en vacío. La máquina se alimenta a la tensión y a la frecuencia nominal. La potencia absorbida reducida debido a las pérdidas por efecto Joule en los bobinados primarios, da el total de pérdidas constantes. Las pérdidas por efecto Joule en los bobinados secundarios, pueden ser despreciables.
- b) Pérdidas en carga: Las pérdidas por efecto Joule en los bobinados primarios se calculan a partir de la resistencia de éstos medida en corriente continua y corregida para la temperatura de referencia, y de la intensidad de la corriente correspondiente a la carga a la que se calculan estas pérdidas.

Las pérdidas por efecto Joule en los bobinados secundarios se consideran iguales al producto del deslizamiento por la potencia total transmitida al bobinado secundario.

Las pérdidas complementarias en carga su valor total a plena carga, es igual a 0,5% de la potencia nominal absorbida por el motor.

- 2) Arrastre del ventilador mediante un motor de corriente continua o un motor monofásico

Para la determinación del rendimiento del motor, véase la Norma IEC 60034-2

#### 4.2.3. Referencias a las características de funcionamiento de motores idénticos a los utilizados

Cuando es imposible utilizar el método de pérdidas independientes, se pueden utilizar los datos del fabricante del motor referentes a las características de funcionamiento alcanzadas con motores idénticos al utilizado para los ensayos in situ, siempre que se haya llegado a un acuerdo entre las partes para este fin. Los datos del fabricante se pueden considerar suficientes para determinar la potencia útil del motor a partir de los resultados de las mediciones de las magnitudes eléctricas de entrada.

La potencia desarrollada por el motor durante los ensayos debería ser compatible con la potencia desarrollada durante la determinación de las características. La tensión debería ser estable y su media no debería desviarse en más del 2% de la tensión utilizada durante la determinación de las características.

La potencia absorbida por el motor se corresponde con la potencia útil suministrada por el motor que se puede deducir directamente a partir de las tablas que indican la una en función de la otra, o indirectamente a partir de las tablas que muestran o bien el rendimiento, o bien el rendimiento y el factor de potencia.

En el segundo caso, la potencia útil del motor se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\mathcal{P}_o = \mathcal{P}_e \eta_{mot} \quad (101)$$

donde  $\mathcal{P}_e$  se mide con ayuda de un contador de vatios-hora integrado para motores monofásicos o por aplicaciones del método de doble vatímetro para los motores trifásicos.

En tercer caso, se tiene:

$$\mathcal{P}_o = \cos\varphi UI \eta_{mot} \quad (102)$$

para motores monofásicos;

$$\mathcal{P}_o = \cos\varphi \sqrt{3} UI \eta_{mot} \quad (103)$$

para motores trifásicos, donde  $U$  e  $I$  representan los valores de las tensiones y las intensidades medidas durante los ensayos in situ. Para los motores trifásicos, se trata de las medias de los valores medidos en cada fase.

#### **4.2.4. Utilización de un motor calibrado**

La utilización de un motor calibrado permite deducir la potencia desarrollada por el motor a partir de la potencia suministrada a sus bornes utilizando las curvas que dan su rendimiento o variación de la potencia mecánica útil en función de la potencia eléctrica absorbida. Estos datos se deben utilizar de la misma forma que en el caso precedente.

Los datos se deberían establecer mediante tensiones que vayan desde un valor inferior en un 10% a la tensión nominal hasta un valor superior en un 10% a la tensión nominal.

Para estas mediciones, es necesario dejar girar el motor en carga durante, al menos, 90 min para asegurar que ha alcanzado una temperatura lo más próxima posible a la alcanzada en funcionamiento.

Para utilizar los datos de calibración, se debería asegurar que la potencia suministrada en el motor es compatible con la utilizada durante la calibración, que la tensión de fase es estable y que su media no difiere en más del 2% de la tensión de calibración.

#### **4.2.5. Instrumentos de medición y precauciones a tomar durante los ensayos in situ**

En todos los casos se deben medir las potencias, las tensiones y las intensidades con instrumentos o de clase 0,5 (según la Norma IEC 60051-8) para las que se debe realizar una corrección a partir de una curva de calibración, o de clase 0,2 para las que no se requiere ninguna corrección. La elección del instrumento de medición se debe realizar de forma que el valor leído sea superior a la mitad del valor correspondiente a la escala completa en los dos casos. Los transformadores de corriente y de tensión de los aparatos de medición se deben elegir para funcionar lo más próximos posibles a su carga nominal con el fin de minimizar los errores.

Se debe vigilar que la potencia medida se corresponda con los valores medidos del caudal másico y del trabajo del ventilador por unidad de masa. Con este fin, durante la medición de estas dos magnitudes, se debe asegurar que no existen variaciones bruscas o progresivas de la potencia realizando un número significativo de mediciones de la potencia absorbida.

## **5. Incertidumbres**

Estos resultados de ensayos suministrarán un valor real de la resistencia del flujo del circuito de aire que se puede comparar con el valor especificado, así como un punto experimental de las características de funcionamiento del ventilador a comparar con las características de un ventilador determinadas mediante ensayos en circuitos normalizados.

En ambos casos, las desviaciones pueden ser debidas a una de las siguientes causas:

- Fuga, recirculación u otro defecto del sistema;
- Estimación inexacta de la resistencia del flujo del circuito de aire;
- Aplicación errónea de los datos obtenidos mediante los ensayos en el circuito normalizado;
- Pérdida excesiva en un componente del circuito situado demasiado cerca de la impulsión del ventilador o en otra parte;
- Modificación de las características del ventilador originadas por un codo o por otro componente del circuito colocado demasiado cerca de la aspiración del ventilador;
- Errores inherentes a las mediciones in situ.

En muchos casos, las condiciones de ensayo in situ son tales que la exactitud en la determinación de las características es claramente inferior a la exactitud alcanzada en el ensayo en el circuito normalizado, en cuyo caso, además de los ensayos in situ, se puede requerir un ensayo del ventilador a escala real o mediante una maqueta con una configuración normalizada del circuito.

Un ensayo in situ puede constituir la base de un ensayo de aceptación del ventilador si el fabricante y el comprador lo han convenido así. Si el ensayo in situ tiene como fin constituir una parte de la garantía entre el fabricante y el comprador, el fabricante debería tener la posibilidad de examinar el circuito de aire instalado o de disponer de los planos correspondientes antes de la instalación del ventilador in situ y dar su acuerdo sobre las mejores posiciones para la medición. Antes de la instalación del ventilador in situ, el fabricante

debería tener la posibilidad de indicar si las modificaciones parecen necesarias para que el ensayo se realice de acuerdo con los requisitos de esta norma.

Cuando es imposible adecuarse estrictamente a las recomendaciones de esta norma internacional, se pueden acordar modificaciones entre el fabricante y el comprador, pero en estos casos, se debe tener claro que la exactitud de los resultados estará probablemente alterada.

### 5.1. Análisis de incertidumbres

Este análisis considera fundamentalmente la incertidumbre total que se produce de forma inevitable cuando una serie de parámetros medidos se combinan y se refieren a las condiciones especificadas.

Las magnitudes determinadas a partir de las series de mediciones propuestas son: el caudal volumétrico, la presión del ventilador, y la potencia absorbida del ventilador. La incertidumbre probable en las magnitudes determinadas depende, en gran medida, de los errores y de las incertidumbres asociadas a las mediciones individuales.

Magnitud	Incertidumbres máximas
Presión atmosférica medida mediante un barómetro calibrado localmente, pero sin corrección de temperatura	$\pm 0,3\%$ de $p_a$
Temperatura medida a $\pm 1,0$ °C de aproximación y expresada en términos de temperatura absoluta	$\pm 0,5\%$ de $(273 + t)$
Humedad, siendo la incertidumbre en la densidad del aire correspondiente a una incertidumbre de $\pm 2$ °C en la determinación de la temperatura de bulbo húmedo $t_w$ para una temperatura de bulbo seco de 30 °C	$\pm 0,2\%$ de $\rho_a$
Presión estática (superior a 150 Pa) combinando el 1% debido al manómetro y el 1% debido a las fluctuaciones de la lectura	$\pm 1,4\%$ de $p_s$ o $\Delta p$
Área de la sección de un conducto o de la impulsión del ventilador	$\pm 0,5\%$ de $A$
Área de un orificio o del cuello de la tobera	$\pm 0,2\%$ de $\pi d^2/4$
Velocidad de rotación de la hélice	$\pm 0,5\%$ de $n$
Potencia absorbida por la hélice excluyendo las determinaciones que incorporan una proporción significativa de las pérdidas en la transmisión	$\pm 2,0\%$ de $P_T$
Densidad del aire atmosférico incluyendo la corrección de humedad en la determinación	$\pm 0,4\%$ de $\rho_a$
Densidad del aire en un conducto con corrección de humedad (cualquier ventilador con índice de presión $r \leq 1,3$ )	$\pm 0,6\%$ de $\rho_a$
Densidad del aire en un conducto sin corrección de humedad con la condición de que la presión total del ventilador $p_F \leq 10\,000$ Pa y que la humedad absoluta sea $\leq 0,015$ kg/kg	$\pm 0,6\%$ de $\rho_a$

**Figure 42** Incertidumbres máximas



En esta norma internacional, la incertidumbre de medición se expresa en porcentaje de la magnitud directamente medida (por ejemplo, la presión) o de una magnitud determinada a partir de otras mediciones (por ejemplo, el caudal volumétrico). Se fija un nivel de confianza del 95%, lo que implica que, en un gran número de mediciones, con una distribución estadística normal, se puede estimar que el 95% estarán dentro de los límites especificados, con un 2,5% de ellas, por encima del límite superior y un 2,5% por debajo del límite inferior.

En el capítulo 2.5 de la memoria descriptiva, se especifican los límites de exactitud requeridos para cada medición individual que se pueden considerar como los límites máximos de incertidumbre. La incertidumbre se expresa en porcentaje de la magnitud aplicable a los cálculos posteriores: por ejemplo, la temperatura  $t$  se mide con  $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$  de aproximación pero la incertidumbre correspondiente, se considera igual a  $\pm 0,5\%$  de la temperatura absoluta ( $273+t$ ) para los ensayos a la temperatura ambiente.

Este ejemplo ilustra también la aproximación redondeada que es apropiada para la estimación de la incertidumbre. Partiendo del rango de variación de la temperatura atmosférica  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , el cálculo exacto de la incertidumbre varía respectivamente  $\pm 0,36\%$  y  $\pm 0,32\%$ . Esta precisión aparente sería, no obstante, totalmente injustificada, siendo una estimación más realista  $\pm 0,5\%$ .